


Vitam impendere Ver
Ex libris O. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXXVI.

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

---

TOME TRENTE-SIXIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1827.

DE L'IMPRIMERIE DE C. THUAU,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

## DEUXIÈME MÉMOIRE

*Sur l'Électricité qui se développe dans les actions chimiques, et sur l'Origine de l'électricité de l'atmosphère.*

PAR M. POUILLET.

(Lu à l'Académie des Sciences le 4 juillet 1825.)

DANS mon premier Mémoire, j'ai cherché à reproduire les combinaisons chimiques les plus analogues à ces combinaisons sans nombre, qui se forment naturellement à la surface de la terre au moyen de l'oxigène de l'air ; et en recueillant les quantités d'électricité qui se dégagent dans ces phénomènes, j'ai été conduit à cette conséquence, que le mouvement chimique qui se produit sans cesse dans la végétation est une source qui répand sans cesse de l'électricité dans l'atmosphère.

Dans ce deuxième Mémoire, je me suis proposé de traiter la question suivante :

Déterminer s'il n'y a pas de l'électricité développée dans les décompositions chimiques ou dans la séparation des élémens qui constituent les corps composés, et examiner si ces phénomènes ne seraient pas une autre source d'où l'électricité de l'atmosphère tire aussi son origine.

On pourrait croire, à la première vue, que cette question se résout d'elle-même par ce qui est exposé dans le premier Mémoire, et par tout ce que l'on sait sur l'électricité qui se dégage dans les combinaisons chimiques; car si l'on observe des phénomènes électriques au moment où se fait la composition des corps ou l'union de leurs élémens, il semble naturel que la décomposition chimique ou la séparation de ces mêmes élémens présente des phénomènes pareils. Mais on voit bientôt, en y réfléchissant, que cette conséquence inverse n'est pas de vérité nécessaire; car, si nous savons qu'il se développe de l'électricité au moment où deux molécules se réunissent pour se combiner, nous ne savons pas par quelle cause cette électricité est développée, nous ne savons pas si elle est due au simple contact de ces molécules hétérogènes ou à quelqu'autre cause toute différente par sa nature. Or, l'observation de ce qui se passe au moment de la ségrégation des élémens est un moyen de lever cette incertitude; car si l'électricité résulte du contact, elle doit se conserver après la séparation des molécules, telle qu'elle était au moment de leur union; seulement la source en doit disparaître, comme elle disparaît quand on sépare une lame de zinc d'une lame de cuivre.

Sous ce point de vue, la question dont il s'agit est d'une assez grande importance pour les théories chi-

miques, et pour les rapports qui existent entre les affinités moléculaires et les dégagemens d'électricité qui les accompagnent; d'une autre part, ces recherches sont liées à la grande question de l'électricité de l'atmosphère; car, si dans toute l'étendue de la surface de la terre il y a une multitude de phénomènes naturels par lesquels se forment des composés chimiques, il y a aussi une autre série de phénomènes inverses par lesquels les élémens se dissolvent, se séparent les uns des autres et reviennent à leur premier état. Par exemple, quand on réfléchit à l'évaporation qui se fait à la surface des mers, à celle qui se fait sur les continens et sur les végétaux sans nombre qui en couvrent la surface, on reconnaît bientôt que ce n'est pas une évaporation ordinaire ou un simple changement d'état; cette eau qui s'exhale ainsi, portant en dissolution des sels de diverses natures, ou des substances végétales plus ou moins composées, ne peut se vaporiser sans se détacher en même temps des parcelles étrangères dont elle est chargée, et sans éprouver en conséquence une ségrégation chimique plus ou moins complète.

Mais avant de porter son attention sur ces phénomènes naturels, qui sont toujours très-compliqués, il faut essayer d'abord des phénomènes plus simples, dont on peut connaître toutes les conditions et dont on peut varier toutes les circonstances.

Rien ne paraît plus facile que de produire des changemens d'état et des décompositions chimiques, et rien n'est plus facile en effet quand on ne veut que vaporiser les corps ou les décomposer, pour recueillir les élémens matériels qui les constituent. Au contraire, quand on

ne veut recueillir que le fluide électrique qui en résulte, on rencontre de grands obstacles et le problème devient très-difficile à résoudre. Si on veut employer la pile de Volta comme agent de décomposition, on court risque de mêler l'électricité de l'appareil à celle que doivent donner les élémens chimiques qui se séparent. Si l'on veut employer la chaleur, qui est un agent moins énergique, on court un autre danger; car tous les corps solides étant conducteurs quand ils sont chauffés, et les gaz et la flamme jouissant aussi de cette propriété, il est presqu'impossible d'isoler assez bien les corps sur lesquels on agit, pour qu'ils conservent l'électricité qu'ils peuvent prendre.

Cependant, après divers essais, je me suis arrêté à deux procédés qui me semblent très-exacts et assez commodes pour la pratique.

Le premier consiste à joindre au condensateur une tige de laiton de 8 ou 10 pouces de longueur, et terminée par un disque horizontal de 1 à 2 pouces de diamètre sur 1 ligne d'épaisseur. Sur ce disque on place un creuset plus ou moins chaud et plus ou moins capable de retenir la chaleur, soit par sa nature, soit par les dimensions qu'on lui donne. C'est dans ce creuset que l'on jette la substance que l'on veut décomposer. Si cet appareil doit servir comme condensateur, il suffit de tenir le plateau supérieur en communication avec le sol pendant toute la durée de l'action chimique; et si on ne veut que l'employer comme simple électroscope, on se dispense de cette communication.

Ce procédé est analogue à celui que de Saussure avait employé dans ses recherches sur l'évaporation de l'eau

et sur l'origine de l'électricité atmosphérique. Il en avait tiré une foule de résultats extrêmement remarquables, et l'on peut voir, dans son ouvrage, qu'il n'a tenu qu'à bien peu de chose que ce grand observateur, devinant des actions chimiques qui alors n'étaient pas démontrées, ne trouvât le véritable principe des irrégularités bizarres que lui offrirent ses expériences.

Le second procédé que j'ai employé repose sur la belle invention des grandes lentilles de M. Fresnel. Alors les creusets ne sont plus nécessaires, on y substitue une simple plaque de platine sur laquelle on place la substance à décomposer, et ensuite on y fait tomber la lumière concentrée au foyer de la lentille.

Voici d'abord les résultats de diverses séries d'expériences qui ont été faites par le premier procédé :

Je ne parlerai pas des longs et nombreux essais par lesquels j'ai commencé, et qui m'ont jeté dans toutes les contradictions qui s'étaient offertes à de Saussure ; car ces expériences, comme celles qui font l'objet de mon premier Mémoire, sont soumises à mille causes d'erreur qu'il était difficile de reconnaître et d'éviter.

J'arrive immédiatement aux expériences qui sont régulières et concluantes, et qu'on pourra, j'espère, reproduire sans embarras en prenant les précautions que j'indiquerai.

J'ai fait construire un creuset de platine à parois très-épaisses, avec lequel j'ai fait les trois séries d'expériences suivantes :

*Première Série.* Le creuset est au rouge blanc ; on le pose sur le disque du condensateur et on y jette quelques gouttes d'eau distillée. Le liquide s'arrondit comme

fait le mercure sur le verre, et il semble en quelque sorte ne toucher le fond du creuset que par un point; il s'évapore très-lentement sans bouillir, et tantôt en restant immobile comme sur un corps froid, tantôt en s'agitant d'un mouvement giratoire excessivement rapide (1). Il faut plusieurs minutes pour qu'une goutte

---

(1) Eller paraît être le premier qui ait observé les phénomènes que présente l'eau quand, pour la faire évaporer, on la projette en petite quantité sur des surfaces plus ou moins chaudes. (*Histoire de l'Académie de Berlin*, 1746, p. 42.) Leidenfrost poussa plus loin ses recherches (*De Aquæ communis qualitatibus*, 8°. Duisburg, 1756); il reconnut que dans une cuillère de fer chauffée jusqu'au rouge blanc, une goutte d'eau est long-temps à s'évaporer, qu'elle forme un globule qui tourne sur lui-même ou qui reste immobile et transparent comme une petite sphère de cristal. Klaproth (*Journal de Physique*, 1802, page 62, et *Nichols.* IV. 202.) répéta ces expériences dans une cuillère de fer, dans une capsule de platine et dans une capsule d'argent; il observa qu'au rouge blanc la durée de l'évaporation n'était pas la même sur les différens métaux; sur le fer, une goutte mettait 40″ à s'évaporer, 50″ sur l'argent et de 60 à 70″ sur le platine : ces résultats n'ont rien de concluant, puisque le refroidissement était variable. Il ne réussit pas à verser plus de 10 gouttes sans déterminer une prompte évaporation. Rumford chercha la cause de ces phénomènes; pour cela, il noircit sur la flamme l'intérieur d'une cuillère d'argent, il y mit une goutte d'eau qui, à la température ordinaire, s'arrondit en globule, parce qu'elle ne pouvait mouiller le noir de fumée; dans cet état, il essaya vainement de la chauffer en tenant la cuillère sur la flamme d'une bougie; le manche

grosse comme un pois disparaisse entièrement; elle disparaît cependant, et le condensateur ne prend point d'électricité. On en jette une autre, elle disparaît de même et ne donne non plus aucun signe électrique. Enfin la température s'abaisse au-dessous du rouge, et l'eau qu'on y met semble s'aplatir sur le fond du creuset; elle commence à faire entendre un bruit, et bientôt elle commence à frémir avec violence et se trouve projetée de toutes parts. Cette prompte dispersion de l'eau

---

était brûlant jusqu'à son extrémité sans que l'eau fût sensiblement échauffée. Rumford suppose que la surface de la goutte d'eau réfléchit la chaleur et l'empêche de pénétrer dans son intérieur.

Dans mes expériences, un grand creuset de platine étant maintenu au rouge blanc, j'ai pu le remplir jusqu'à moitié, et y conserver l'eau pendant un quart d'heure sans qu'elle éprouvât ni mouvement ni diminution sensible. J'ai remarqué que certains corps mis en dissolution dans l'eau, surtout la potasse et les sels de potasse la privent complètement de la propriété de rester en contact avec les métaux chauffés jusqu'au rouge sans s'évaporer. L'eau noircie avec de l'encre ou avec de fines poussières de charbon s'évapore aussi très-promptement, ce qui me fait supposer que le phénomène tient peut-être à la facilité avec laquelle le calorique rayonnant qui émane des corps très-chauds traverse les différens milieux : il se pourrait bien en effet que le calorique envoyé par les parois du creuset rouge-blanc traversât l'eau sans être absorbé, et par conséquent sans l'échauffer autant que feraient des rayons moins chauds. Ces phénomènes se lient, comme on voit, à ceux que M. Perkins a observés sur une plus grande échelle, dans ses puissans générateurs.

est comme la simple évaporation sans aucun signe d'électricité.

Cette expérience a été répétée plus de cent fois avec de l'eau parfaitement pure, qu'on projetait dans le creuset en plus ou moins grande quantité ; et soit qu'on ait produit la simple évaporation, soit qu'on ait déterminé le frémissement et la vive dispersion de l'eau, on n'a jamais pu obtenir la moindre trace d'électricité.

L'acide acétique très-pur et cristallisable se comporte comme l'eau. Il s'évapore comme elle, et comme elle il ne laisse aucun signe électrique.

L'acide sulfurique et l'acide nitrique très-pur et au dernier degré de concentration se comportent absolument comme l'eau et l'acide acétique.

Voilà donc une première série d'expériences d'où il résulte que le simple changement d'état, même quand il est subit ou aussi prompt qu'il peut l'être, ne donne aucun dégagement d'électricité.

Ce fait fondamental une fois établi, altérons un peu la pureté de l'eau pour observer les nouveaux effets qn'elle va présenter et qui formeront la deuxième série d'expériences.

*Deuxième Série.* Le creuset de platine est chauffé et disposé comme dans la première série ; mais le liquide qu'on emploie est une dissolution de strontiane, au lieu d'être de l'eau pure. Le liquide projeté dans le creuset semble d'abord offrir les mêmes phénomènes pour ce qui est relatif à sa forme et à son aspect ; mais bientôt on aperçoit une différence fondamentale, l'électricité se manifeste et devient assez intense ; enfin, au moment où l'eau éprouve ce frémissement dont nous

avons parlé, l'électricité est si forte que les lames divergent de 12 ou 15 lignes, même quand l'appareil est employé comme électroscope et non pas comme condensateur.

Cette électricité est vitrée.

Donc l'eau qui s'est évaporée était électrisée résineusement.

Et l'on voit bien que ce n'est pas le fait du changement d'état qui produit ce phénomène, puisque l'eau pure ne donne rien; mais on est obligé de conclure qu'au moment où se rompt l'action chimique qui unissait les molécules d'eau aux molécules de strontiane, il y a de l'électricité développée, et que cette électricité est vitrée dans la strontiane qui reste au fond du creuset, et résineuse dans l'eau qui s'évapore.

Cette expérience n'offre jamais la moindre irrégularité, ni la moindre incertitude. Après la strontiane, on peut soumettre à l'expérience la chaux, la baryte, la soude et la potasse, etc. Ces alcalis solides donnent exactement les mêmes résultats que la strontiane, et soit que ces dissolutions soient très-faibles, soit qu'elles se trouvent au point de saturation, le résultat est le même, et ne diffère que par l'intensité.

Le degré de chaleur du creuset n'a pas non plus d'influence, si ce n'est que cette température inférieure au rouge, qui produit le frémissement et la subite séparation des élémens, est la seule qui donne les fortes tensions dont j'ai parlé.

*Troisième série.* Dans cette série, on fait subir à l'eau d'autres altérations.

Au lieu de mettre dans de l'eau distillée les alcalis

solides qui doivent rester dans le creuset, on y met de l'ammoniaque qui s'exhale promptement; il y a encore de l'électricité produite et en très-grande quantité; il n'est pas rare d'en obtenir jusqu'à 18 lignes sans condensateur, mais alors cette électricité est l'inverse de la première, elle est résineuse dans l'appareil. Il faut donc que de l'électricité vitrée se soit élevée avec l'ammoniaque ou avec la vapeur d'eau; il serait difficile *à priori* de savoir avec lequel de ces deux corps; seulement l'analogie semble indiquer que l'ammoniaque se vaporisant plus promptement que l'eau, c'est l'électricité de ce dernier liquide qui doit rester dans l'appareil, et qu'ainsi l'ammoniaque est vitrée comme sont les autres alcalis.

Si, dans l'eau distillée, on met $\frac{1}{100}$ d'acide sulfurique ou même une moindre quantité, et qu'on expérimente avec cette dissolution, on trouve de l'électricité que l'eau pure ne donnait pas. Cette électricité est résineuse. Il faut donc que dans cette séparation que la chaleur détermine entre l'eau et quelques parcelles d'acide sulfurique, il y ait de l'électricité qui se développe comme il y a de la chaleur qui se produit.

L'acide acétique cristallisable, qui persiste si constamment à ne jamais donner, non plus que l'eau, la moindre trace d'électricité par l'évaporation, se trouve-t-il mélangé d'eau dans diverses proportions, à l'instant il y a de l'électricité produite, et ainsi cette faible séparation chimique est encore accompagnée d'un développement d'électricité.

Les autres acides, et en général tous les gaz et tous les liquides se comportent de même avec l'eau.

Les sels solubles de diverses espèces, carbonates, sulfates, nitrates, acétates, etc., soit qu'ils se trouvent à l'état neutre ou qu'ils forment des sous-sels ou des sels acides, se comportent tous de la même manière, et toujours l'électricité qu'ils donnent à l'appareil est l'électricité résineuse.

De ces trois séries d'expériences, résultent les trois conséquences suivantes.

Premièrement. Les changemens d'état des corps que l'on peut produire dans un creuset de platine, soit lentement, soit aussi rapidement qu'il est possible, ne donnent jamais le moindre signe d'électricité.

Secondement. Les solutions faibles ou concentrées des alcalis solides, tels que la strontiane, la baryte, la chaux, etc., donnent de l'électricité par la séparation chimique qui accompagne l'évaporation. La vapeur d'eau prend l'électricité résineuse, et l'alcali l'électricité vitrée.

Troisièmement. Les solutions faibles ou concentrées des gaz, des acides, ou des sels donnent pareillement de l'électricité par la ségrégation chimique qui accompagne l'évaporation; mais pour ces corps c'est, au contraire, la vapeur d'eau qui prend l'électricité vitrée, et la solution l'électricité résineuse.

On pourrait ajouter encore que si on avait en même temps dans de l'eau pure, deux substances qui dussent donner des électricités contraires, telles que l'ammoniaque et la potasse ou la chaux, on aurait des résultats très-variables, et dont le signe dépendrait de causes très-difficiles à assigner.

Dans tous les cas, il y a quelques précautions à

prendre qui sont tout-à-fait nécessaires au succès de l'expérience. Quand on se sert du creuset de platine, il faut le nettoyer, et, pour l'ordinaire, cette opération n'a rien de difficile; mais quand l'expérience a été faite avec de la potasse, et qu'on se borne à le laver à plusieurs reprises ou même à y faire bouillir de l'eau, il arrive qu'il conserve encore quelques parties de cet alcali; car l'eau pure qu'on y projette donne de l'électricité qui est vitrée comme celle de la solution de potasse. On ne peut rendre au creuset son état primitif qu'en y faisant bouillir à plusieurs reprises un acide. Au contraire, il arrive que plusieurs muriates lui donnent pour quelque temps la propriété d'électriser l'eau distillée, et de lui faire prendre de l'électricité résineuse.

C'est en général à ces substances hétérogènes adhérentes aux creusets, qu'on peut attribuer les erreurs dans lesquelles on tombe quand on n'est pas encore habitué à ce genre d'expériences.

J'aurais pu m'arrêter à ces résultats généraux, mais autant pour varier encore les effets chimiques que pour lever les contradictions observées par de Saussure, j'ai tenté quelques autres séries d'expériences avec des creusets de diverses natures.

*Résultats observés avec des creusets de diverses substances.* Un creuset de fer est échauffé et disposé comme le creuset de platine des expériences précédentes. L'eau distillée qu'on y jette présente à peu près les mêmes phénomènes en ce qui regarde sa forme globulaire et la lenteur à s'échauffer ou à se vaporiser. Mais on obtient alors de l'électricité, et cette électricité est toujours

résineuse; en même temps le fer s'oxide très-visiblement. Or, d'après les principes posés dans mon premier Mémoire, il doit arriver en effet que le fer s'électrise négativement lorsqu'il s'oxide par la décomposition de l'eau.

Si l'eau pure donne elle-même de l'électricité dans le fer, on conçoit que les diverses dissolutions qui donnent des phénomènes simples dans le platine, vont ici donner des phénomènes composés. Par exemple, lorsqu'on voudra faire usage d'une dissolution de strontiane, l'eau devant, d'une part, donner de l'électricité résineuse, et d'une autre part, la strontiane donnant de l'électricité vitrée, il y aura une sorte d'opposition entre ces deux causes; en effet, si la dissolution est très-faible, c'est l'eau qui l'emporte et l'électricité est résineuse; au contraire, si la dissolution est plus concentrée, c'est l'effet de la strontiane qui domine et l'électricité est vitrée.

Il en est de même des solutions de potasse, de soude, de chaux, de baryte, etc.

On voit par là comment il est possible de varier à volonté les résultats qu'on doit obtenir avec un creuset de métal oxidable, et diverses dissolutions plus ou moins concentrées.

Dans des expériences semblables, les creusets de cuivre ont présenté les mêmes phénomènes.

Les nombreuses expériences qui ont été faites avec un creuset d'argent ont présenté des particularités qui semblaient d'abord assez embarrassantes; car ce métal, bien qu'il ne soit pas facilement oxidable, se comporte

exactement comme le fer; l'eau qu'on y projette tandis qu'il est rouge donne de l'électricité résineuse.

Or, puisque l'évaporation seule ne produit rien dans le platine, et puisqu'elle produit de l'élecricité dans le fer qui s'oxide visiblement, il faut bien conclure qu'il s'opère une combinaison chimique dans le creuset d'argent. Mais quelle est cette combinaison, est-elle une oxidation de l'argent ou une oxidation d'un autre métal qui lui serait allié en petites proportions? Cette dernière conséquence paraît la seule possible, et il est vrai en effet qu'il ne faudrait que quelques atomes de cuivre pour produire le résultat qu'on observe.

Si le premier procédé réussit convenablement lorsqu'il s'agit de décomposer des dissolutions, il n'est plus que d'un usage très-difficile lorsqu'il s'agit de décomposer des solides tels que les oxides ou les sels. C'est alors que j'ai eu recours à la lentille de M. Fresnel. Les signes d'électricité qu'on obtient par ce deuxième procédé sont en général beaucoup plus faibles que ceux qu'on obtient par le premier; cependant il m'a servi à confirmer les plus importantes de mes premières expériences, et à me faire voir que les oxides qui se réduisent par la chaleur donnent de l'électricité comme les autres décompositions chimiques.

De tous les sels que j'ai soumis à l'expérience, on suppose bien que l'hydro-chlorate de soude est celui qui a été examiné avec le plus de soin, à cause de l'analogie qui doit exister entre les résultats qu'il présente, et les phénomènes qui se produisent à la surface des eaux, sur une échelle incomparablement plus grande : or, une seule goutte d'une faible dis-

solution de sel ordinaire donnant par son évaporation des signes électriques très-marqués, il n'y a aucun doute que sur la vaste étendue des mers la ségrégation chimique qui s'opère par l'évaporation ne soit une source constante d'électricité.

En général, les eaux qui imbibent les plantes et celles qui humectent la surface du sol, portant toujours en dissolution quelques substances étrangères qu'elles abandonnent par l'évaporation, il en résulte qu'à la surface de la terre il n'y a jamais évaporation sans qu'il y ait en même temps ségrégation chimique, et par conséquent production d'électricité. Ainsi toutes les vapeurs et tous les gaz qui se forment à la surface de la terre et qui s'élèvent dans l'atmosphère, sont constitués dans un état électrique à l'instant même où ils prennent naissance, et en s'élevant ils répandent et dispersent dans toute la masse atmosphérique l'électricité dont ils sont chargés.

Si ces causes ne sont pas les seules qui agissent pour renouveler sans cesse l'électricité de l'atmosphère, elles sont du moins les causes les plus influentes, puisqu'elles sont par leur intensité en rapport avec la grandeur des phénomènes qu'on observe.

---

## Pétrosilex *rose de Sahlberg en Suède.*

Par Mr P. Berthier.

On regarde comme étant du feld-spath compacte plus ou moins pur, et l'on confond sous la dénomination

de *pétrosilex* toutes les pierres dont la cassure est cireuse, et qui jouissent comme le feld-spath de la propriété de se fondre en émail blanc au chalumeau : cependant le vague de ces caractères devait naturellement faire soupçonner que tous les minéraux qui les possèdent ne sont pas identiques. En effet, l'aspect de la cassure varie à l'infini dans les diverses variétés d'une même espèce et selon les circonstances sous l'influence desquelles l'agrégation s'est produite ; et quant à la propriété de se fondre en émail blanc, on sait qu'elle peut appartenir à une multitude de combinaisons différentes ; car l'émail blanc n'est pas un composé d'une nature particulière, mais bien une manière d'être que divers composés très-différens peuvent prendre.

Il est certain que beaucoup de petrosilex ne sont autre chose que du feld-spath compacte ; mais la composition du pétrosilex de Sahlberg, qui diffère totalement de celle de ce minéral, va nous faire voir que c'est à tort que l'on considère tous les pétrosilex comme appartenant à une même espèce, et donnera un exemple de l'inconvénient de ces dénominations mal définies dont la science minéralogique est encore embarrassée, et qui ne servent qu'à induire en erreur ou à nous déguiser notre ignorance à nous-mêmes.

Le pétrosilex de Sahlberg est compacte, homogène ; sa cassure est cireuse à grains très-fins ; sa couleur est le rose de chair foncé ; il est fortement translucide ; il est susceptible de recevoir un beau poli ; aussi en voit-on dans la plupart des grandes collections des plaques qui prennent rang auprès des pierres polissables

les plus précieuses. On peut le fondre au chalumeau en émail blanc, mais il faut remarquer cependant qu'il est beaucoup moins fusible que le feld-spath. Quand on le calcine à une forte chaleur blanche, il ne se ramollit pas et ne change ni de couleur ni d'aspect; mais si on le soumet à la température élevée d'un four à porcelaine, dans un creuset brasqué de charbon, les morceaux se collent ensemble et leurs angles s'arrondissent, ce qui annonce un commencement de fusion: les morceaux, de rouge qu'ils étaient, deviennent d'un blanc de lait, et ils ressemblent parfaitement à de la calcédoine. Dans cette opération, la perte de poids n'est que de un demi-centième tout au plus, et elle doit être attribuée à de l'eau hygrométrique.

J'ai analysé de diverses manières plusieurs échantillons de la pierre de Sahlberg; le résultat a toujours été le même et tel qu'il suit:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Silice....... | 0,795 | contenant oxigène | 0,4130 | 0,756. |
| Alumine.... | 0,122 | ................ | 0,0563 | |
| Soude...... | 0,060 | ................ | 0,0150 | |
| Magnésie.... | 0,011 | ................ | 0,0043 | |
| Oxide de fer. | 0,005 | | | |
| | 0,993. | | | |

On a recherché la potasse sans en trouver la moindre trace.

Les composans principaux du pétrosilex de Sahlberg sont les mêmes que ceux de l'albite ou feld-spath à soude; mais ils ne s'y trouvent pas à beaucoup près dans les mêmes proportions; car, dans l'albite, l'oxigène de la silice équivaut à trois fois l'oxigène de l'alu-

mine et de la soude, tandis que dans la pierre de Sahlberg ce rapport est presque de 6 à 1. En calculant exactement les quantités d'oxigène contenues dans la magnésie, la soude, l'alumine et la silice, on trouve qu'elles sont entr'elles à très-peu près comme les nombres 1, 4, 15 et 110 : cela conduit à la formule $MS^4 + 4NS^4 + 15\,Al\,S^6$, ou, en considérant la magnésie et la soude comme se suppléant réciproquement, à la formule très-simple $(MN)\,S^4 + 3\,Al\,S^6$.

Dans ce minéral, comme dans l'albite et dans le feldspath, l'alumine renferme trois fois autant d'oxigène que les bases alcalines; mais la proportion de la silice est beaucoup plus considérable. Peut-être sera-t-on tenté, d'après cela, de considérer le pétrosilex de Suède comme un mélange d'albite et de quarz; mais je regarde cette supposition comme tout-à-fait inadmissible; la parfaite homogénéité de la pierre et sa grande translucidité éloignent toute idée de mélange. Je crois donc qu'elle doit être séparée de la famille des feld-spaths, et prendre rang dans la méthode comme espèce particulière.

---

## Nontronite, *nouveau minéral découvert dans le département de la Dordogne.*

Par Mr P. Berthier.

L'Arrondissement de Nontron, qui occupe la partie septentrionale du département de la Dordogne, possède un gîte de minerai de manganèse assez important. Ce minerai est connu dans le commerce sous la dénomi-

nation de *manganèse de Périgueux*. L'exploitation en a été pendant long-temps fort languissante, mais la consommation du manganèse s'étant considérablement accrue depuis quelques années, les travaux ont pris une grande activité, et c'est à cette circonstance que l'on doit la découverte du nouveau minéral que je vais décrire sous le nom de *nontronite*.

Le gîte de manganèse de la Dordogne est superficiel : il consiste en argile ferrugineuse, mêlée de sable quarzeux et d'un peu de mica ; il est évidemment de même formation que les gîtes de minerais de fer dits d'*alluvion*, qui existent dans la contrée.

Le minerai de manganèse se trouve par amas irréguliers et plus ou moins considérables dans l'argile ferrugineuse : c'est un mélange d'hydrate de deutoxide de manganèse, de peroxide et de la combinaison barytique qui domine dans le minerai de Romanèche, près Mâcon. C'est dans les amas de manganèse que l'on exploite auprès du village de Saint-Pardoux, que la nontronite a été trouvée : la découverte en est due à M. Lanoue. Cette substance est disséminée dans le minerai en rognons amorphes ordinairement fort petits, et qui atteignent rarement la grosseur du poing. Les rognons ne sont presque jamais purs ; ils se divisent assez aisément en masses plus petites tout-à-fait irrégulières, et toutes ces petites masses sont enduites d'une légère pellicule noire qui n'est autre chose que de l'oxide de manganèse, et souvent elles sont entremêlées d'argile micacée d'un jaune sale ; en sorte que lorsqu'on coupe le minéral et qu'on le polit, il présente l'aspect d'une variolite. Il est facile néanmoins

de se procurer de la nontronite pure par le moyen d'un triage fait avec soin.

Ce minéral est compacte, d'un jaune paille ou d'un beau jaune serin un peu verdâtre : sa cassure est inégale et matte ; il est opaque, onctueux au toucher, très-tendre; sa consistance est la même que celle de l'argile; on le raie aisément avec l'ongle; il prend un beau poli et l'éclat résineux sous le frottement des corps les moins durs ; il s'aplatit et se pelotonne sous le pilon au lieu de se réduire en poudre; il n'exhale pas l'odeur argileuse sous l'insufflation de l'haleine ; il n'agit aucunement sur l'aiguille aimantée. Lorsqu'on le plonge dans l'eau, il s'en dégage immédiatement beaucoup de bulles d'air, il devient translucide sur les bords sans se délayer ni perdre sa forme comme le font les argiles, et si, au bout de quelques heures, on le retire de l'eau et on le pèse après l'avoir bien essuyé, on trouve qu'il a augmenté d'environ $\frac{1}{10}$ de son poids. Chauffé dans un tube de verre, il perd de l'eau à une faible chaleur et devient d'un rouge d'oxide de fer sale. Calciné très-fortement dans un creuset, il prend le même aspect, et son poids diminue de 0,19 à 0,21. Après la calcination, il est sensiblement magnétique.

L'acide muriatique l'attaque très-facilement; la dissolution ne contient pas la plus petite trace de manganèse, ni de protoxide de fer, ni d'alcali : on n'y trouve que du peroxide de fer, de l'alumine et de la magnésie : la partie insoluble est gélatineuse et se compose de silice soluble dans les alcalis liquides, quelquefois mêlée d'une petite quantité d'argile lorsque le minéral n'a pas été trié avec un soin minutieux.

L'essai par la voie sèche confirme le résultat de l'analyse humide : le minéral fond très-bien avec le tiers de son poids de marbre, et donne 0,20 de fonte et une scorie vitreuse, transparente et incolore.

L'analyse m'a donné :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Silice | 0,440 | cont. oxig. | 0,229 | |
| Peroxide de fer | 0,290 | | 0,089 | 0,114 |
| Alumine | 0,036 | | 0,017 | |
| Magnésie | 0,021 | | 0,008 | |
| Eau | 0,187 | | 0,166 | |
| Argile | 0,012 | | | |
| | 0,986. | | | |

D'après les quantités d'oxigène contenues dans chacun de ses élémens, quantités qui sont 229, 89, 17 et 8, on voit que la nontronite est un bi-silicate à base de peroxide de fer, d'alumine et de magnésie, qui peut être représenté par la formule :

$$MS^2 + AlS^2 + 10\,FeS^2,$$

et contenant en outre une certaine proportion d'eau en combinaison ; mais il est difficile de déterminer cette proportion rigoureusement à cause de la facilité avec laquelle le minéral absorbe ou perd une certaine portion d'eau selon les moindres vicissitudes de température. En effet, on a vu que lorsqu'on le tient longtemps plongé dans ce liquide, il en absorbe $\frac{1}{10}$ de son poids ; il en renferme alors 0,28 à 0,30 : quand on l'a laissé pendant plusieurs jours à l'air dans une chambre, il n'en contient plus que 0,21 à 0,22 ; enfin, après qu'il a été exposé à la chaleur d'une étuve chauffée à environ 80 degrés, il ne perd plus par la calcination que 0,187. Si l'on admet cette dernière quantité comme

*minimum*, il en résultera que l'eau de combinaison contenue dans la nontronite contient une fois et demie autant d'oxigène que les trois bases réunies.

On connaît un grand nombre de minéraux qui renferment au nombre de leurs élémens un hydro-silicate de protoxide de fer; mais on n'en avait pas encore rencontré contenant un silicate de peroxide avec eau de cristallisation. La nontronite est le premier minéral de ce genre. Comme les silicates de peroxide de fer sont pour la plupart fortement colorés en rouge ou en brun, on ne devait pas, au premier aspect, en soupçonner l'existence dans la nontronite : la couleur de ce minéral dépend évidemment de la présence de l'eau; effectivement cette couleur disparaît par la calcination, et nous connaissons d'ailleurs des sels de peroxide, tels que plusieurs sulfates, qui, quand ils contiennent de l'eau, sont d'un jaune pâle et même presque incolores.

J'ai dit que la nontronite fortement calcinée en vase clos devenait sensiblement magnétique; cependant les silicates de peroxide de fer n'agissent aucunement sur l'aiguille aimantée. Voici l'explication de ce phénomène : le peroxide de fer est une base très-faible; on ne peut pas le combiner avec la silice par la voie sèche sans l'intermédiaire d'une autre base; mais comme, au contraire, la silice a une grande tendance à s'unir au protoxide de fer, il arrive que lorsqu'on chauffe, à une température suffisamment élevée, cette substance avec du peroxide de fer, une portion de ce peroxide abandonne de l'oxigène et se transforme en protoxide, ou du moins en un oxide inférieur à l'oxide rouge; la combinaison qui se forme peut être considérée comme

un silicate double de protoxide et de peroxide en proportions variables selon les circonstances : or, la présence d'une très-petite quantité de protoxide suffit pour communiquer à un silicate la vertu magnétique, lorsque la silice ne s'y trouve pas en trop forte proportion.

---

## NOTE *sur l'Analyse de quelques Substances végétales.*

PAR Mr F. MARCET.

(Lue à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève le 15 avril 1824.)

CE n'est que depuis un petit nombre d'années que les chimistes sont parvenus à découvrir une méthode d'analyse par laquelle on puisse déterminer d'une manière assez exacte les proportions des élémens qui constituent les corps organisés. Dès-lors la composition d'un grand nombre de ces corps a été étudiée. Il existe cependant plusieurs matières, soit animales, soit végétales, qui n'ont jamais été soumises à ce genre d'analyse. J'ai examiné dernièrement quelques substances végétales qui étaient dans ce cas ; et je vais exposer à la Société les résultats que j'ai obtenus.

La méthode que j'ai suivie dans l'analyse de ces subtances est celle qui a été proposée par M. Gay-Lussac, et adoptée ensuite par M. Bérard et le Dr Ure. Elle consiste à chauffer au rouge, dans un tube de verre, une quantité connue de la matière que l'on veut analyser mélangée avec de l'oxide de cuivre, et à calculer

ensuite la composition de la substance, d'après la diminution du poids de l'oxide de cuivre, et la quantité de gaz que l'on obtient (1).

Lorsque la substance que j'examinais m'a paru devoir contenir de l'azote, il m'a fallu prendre des précautions pour empêcher que la petite quantité d'air atmosphérique qui devait se trouver nécessairement dans le tube, disséminé même entre les grains de l'oxide de cuivre, ne fit naître de l'incertitude sur la quantité d'azote renfermée dans la matière soumise à l'analyse. Dans ce but, j'ai chauffé au rouge dans un tube de même longeur et de même diamètre, un mélange d'oxide de cuivre et d'une substance que je savais ne pas contenir de l'azote, et j'ai déterminé combien il fallait laisser passer de gaz avant que tout l'air atmosphérique fût entraîné, et que le gaz qui se dégageait ne fût plus que de l'acide carbonique parfaitement pur. Alors, lorsque j'analysais des substances que je soupçonnais devoir contenir de l'azote, je laissais toujours passer au moins cette quantité de gaz avant que de recueillir celui sur lequel je devais opérer pour déterminer la quantité d'azote qu'il renfermait. Je crois avoir ainsi entièrement évité la source d'erreur dont j'ai parlé.

---

(1) Avant d'introduire la matière que je voulais analyser dans le tube de verre, j'avais toujours soin de la priver complètement de toute l'eau qu'elle pouvait contenir, en la tenant pendant quelque temps avec de l'acide sulfurique sous le récipient de la pompe pneumatique.

*De l'Amidon.*

On sait que l'amidon torréfié au point où il commence à exhaler des vapeurs, passe à une couleur brune-jaunâtre, acquiert la propriété de devenir entièrement soluble dans l'eau froide, et de former une dissolution semblable à celle des gommes. Il jouit d'ailleurs, dans cet état, d'un grand nombre de propriétés qui lui sont propres, et qu'on ne retrouve pas dans l'amidon ordinaire.

Avant de passer à l'analyse de cette substance dont la composition me semblait devoir différer de celle de l'amidon ordinaire, je me suis attaché à examiner comment elle se comportait avec l'iode.

De l'amidon torréfié, jusqu'à ce qu'il fût devenu d'un brun jaunâtre, fut dissout dans de l'eau et ensuite évaporé à siccité. Quelques grains du résidu de l'évaporation furent triturés dans un mortier avec une quantité égale d'iode. Au moment où l'on met ce mélange en contact avec la plus petite quantité d'eau, il devient immédiatement d'une très-belle couleur pourpre et se dissout complètement dans l'eau si celle-ci est en quantité suffisante (1). Le même phénomène a lieu en versant dans une solution d'amidon torréfié une solution d'iode dans l'eau; le liquide devient immédiatement d'une belle couleur pourpre.

---

(1) M. Lassaigne, dans le *Journal de Pharmacie* (année 1819), fait mention en passant de ce phénomène, mais sans entrer dans aucun détail.

L'eau bouillante, l'alcool, les acides et les alcalis décolorent la solution, et lorsqu'elle a été décolorée par un acide, la couleur ne revient plus par l'addition d'un alcali, comme cela a lieu dans le cas de l'iodure d'amidon. En laissant même évaporer la solution à l'air libre, l'iode disparaît, et l'amidon torréfié reste seul au fond du vase.

Je ne crois donc pas que l'on puisse dire qu'il y ait, dans ce cas, une combinaison entre l'iode et l'amidon torréfié analogue à celle qui se forme dans les mêmes circonstances entre l'iode et l'amidon ordinaire. Mais je ne peux expliquer la production de cette couleur pourpre, qu'en supposant une action particulière de l'iode sur l'amidon torréfié; car le même phénomène ne se produit pas avec de la gomme, ni avec aucune des substances végétales que j'ai examinées.

100 parties d'amidon torréfié, étant soumises à l'analyse, m'ont donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 35,7 ; |
| Oxigène....... | 58,1 ; |
| Hydrogène..... | 6,2. |

Une analyse comparative de l'amidon ordinaire m'a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 43,7 ; |
| Oxigène....... | 49,7 ; |
| Hydrogène..... | 6,6. |

Il paraît donc que l'amidon torréfié contient beaucoup plus d'oxigène et moins de carbone que l'amidon ordinaire. Il paraît aussi contenir un peu moins d'hydrogène que cette dernière substance.

L'amidon torréfié diffère aussi considérablement de la gomme dans sa composition chimique, quoique d'ailleurs ses propriétés semblent le rapprocher beaucoup plus de cette substance que de l'amidon ordinaire. En effet, la gomme arabique est composée, suivant MM. Gay-Lussac et Thenard, de :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 42,23 ; |
| Oxigène....... | 50,84 ; |
| Hydrogène..... | 6,93. |

L'amidon contenu dans la drèche devient, peut-être par l'espèce de torréfaction qu'a éprouvé cette dernière substance, soluble jusqu'à un certain point dans l'eau froide.

L'analyse de l'amidon de la drèche m'a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 41,6 ; |
| Oxigène. ..... | 51,8 ; |
| Hydrogène..... | 6,6. |

### *De l'Hordeine.*

M. Proust a donné ce nom à une matière fort semblable par ses propriétés chimiques à la sciure de bois, qu'il a trouvée en grande quantité dans la farine d'orge. On se procure facilement cette substance en malaxant entre les mains de la pâte de farine d'orge, et en faisant tomber sur cette pâte un filet d'eau qui entraîne l'amidon mêlé à l'hordeine. Il suffit ensuite de faire bouillir ce mélange avec une certaine quantité d'eau pour en séparer l'amidon, et pour obtenir, après quelques lavages, l'hordeine pure.

Quelques chimistes ont regardé cette substance comme étant une modification de l'amidon ; d'autres l'ont envisagée comme étant analogue dans sa composition à la sciure de bois ; enfin, M. Thomson paraît la regarder comme étant de la même nature que le parenchyme de la pomme de terre. Il m'a semblé que l'analyse de l'hordeine pourrait servir à éclaircir ce point, et à montrer de laquelle de ces substances elle se rapproche le plus.

100 parties d'hordeine soumises à l'analyse m'ont donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 44,2 ; |
| Oxigène....... | 47,6 ; |
| Hydrogène..... | 6,4 ; |
| Azote......... | 1,8. |

Ce résultat diffère beaucoup de celui que j'ai obtenu par l'analyse comparative du parenchyme de la pomme de terre, dont 100 parties m'ont donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 37,4 ; |
| Oxigène....... | 58,6 ; |
| Hydrogène..... | 4. |

Elle ne semble pas non plus se rapprocher par sa composition de la sciure de bois ; car cette substance est composée, suivant MM. Gay-Lussac et Thenard, de :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 52 ; |
| Oxigène....... | 42,4 ; |
| Hydrogène..... | 5,6. |

D'après ces analyses, je suis disposé à considérer l'hordeine comme étant une substance parfaitement

distincte, et assez éloignée par sa composition des substances dont j'ai parlé, auxquelles on a cru devoir l'assimiler. C'est de l'amidon qu'elle se rapproche le plus par sa composition, et l'azote qu'on y trouve tendrait à faire croire que le gluten entre pour quelque chose dans la composition de ce corps.

### *Du Gluten.*

Le gluten est une de ces substances végétales qui se rapprochent beaucoup des substances animales par la grande quantité d'azote qu'elle contient. Du gluten extrait de la farine de froment et soumis à l'analyse m'a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 55,7; |
| Oxigène....... | 22,0; |
| Hydrogène..... | 7,8; |
| Azote......... | 14,5. |

Cette analyse rapproche tout-à-fait la composition du gluten de celle des substances animales, et en particulier des parties constituantes du sang.

Suivant M. le professeur Taddei, le gluten peut être décomposé en deux principes distincts, le zimome et le gliadine. Je me suis procuré du zimome par la méthode indiquée par M. Taddei, en faisant bouillir pendant quelque temps le gluten dans de l'alcool. Je l'ai soumis à l'analyse, mais il ne m'a pas pas semblé différer par sa composition du gluten ordinaire.

### *Du Ferment.*

Le ferment est une autre substance végétale qui se rapproche beaucoup des substances animales par la grande quantité d'azote qu'elle contient. Elle est, aussi, remarquable par la grande quantité d'oxigène qu'elle renferme relativement au carbone. Cette substance, soumise à l'analyse, m'a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone....... | 30,5 ; |
| Oxigène....... | 57,4 ; |
| Hydrogène..... | 4,5 ; |
| Azote......... | 7,6. |

---

## RECHERCHES *sur une Propriété particulière des Conducteurs métalliques de l'Électricité.*

Par M. le Professeur A. DE LA RIVE.

(MÉMOIRE lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 22 juin 1826.)

J'AVAIS indiqué, à la fin d'un précédent Mémoire (1), que les conducteurs métalliques de l'électricité voltaïque qui ont servi à la décomposition d'un liquide, conservent, quand ils sont hors du circuit, une certaine quantité d'électricité, et qu'ils peuvent donner naissance à un courant d'une intensité remarquable

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVIII, p. 190.

quand on les place dans des circonstances favorables. — Cette propriété des conducteurs m'a paru mériter d'être mieux étudiée, et ce sont quelques-uns des résultats que j'ai obtenus sur ce sujet que j'ai l'honneur de communiquer à la Société.

*Fait fondamental.* — Je termine les deux pôles d'une pile par deux fils de platine qui plongent dans une solution d'hydro-chlorate d'ammoniaque ou dans tout autre liquide conducteur qu'ils décomposent; quand la décomposition a eu lieu pendant quelques instans, j'enlève les deux fils, et je mets chacun d'eux en communication avec les extrémités d'un galvanomètre; en même temps un liquide conducteur reçoit les mêmes portions de ces deux fils, qui auparavant plongeaient dans le liquide que l'on avait placé dans le circuit voltaïque. Aussitôt la déviation de l'aiguille aimantée annonce l'existence dans le galvanomètre d'un courant électrique, et le sens de cette déviation indique que le courant que je supposerai partir de celui des deux fils de platine qui était au pôle positif de la pile, traverse d'abord le fil métallique du galvanomètre, arrive au second fil de platine qui avait servi de pôle négatif de la pile; puis de ce fil traverse le liquide jusqu'au fil d'où nous sommes partis; ce qui complète le circuit. En d'autres termes, le fil qui a servi de pôle positif de la pile agit comme un métal négatif, et le fil qui a servi de pôle négatif comme un métal positif, quand ils sont placés l'un et l'autre aux extrémités du galvanomètre. Il résulte de là que le courant va dans le liquide qui réunit ces deux extrémités, dans un sens précisément contraire par rapport aux deux fils de platine, à celui

suivant lequel il chemine, quand il traverse le liquide soumis à l'action galvanique (1).

J'ajouterai quelques observations au simple exposé que je viens de faire de l'expérience précédente.

1°. Le courant qui est dégagé par les deux fils de platine n'est point instantané ; il dure quelques instans, et même l'on peut plonger plusieurs fois les fils avant qu'ils soient complètement déchargés.

2°. Il n'est point nécessaire, pour que l'expérience réussisse, de plonger la portion même des deux fils de platine qui a servi à la décomposition ; on peut la couper et plonger la partie du fil qui se trouvait hors du liquide dans le circuit voltaïque ; l'effet seulement est moindre, et va en diminuant d'autant plus que la partie plongée est plus éloignée de celle sur laquelle s'opérait la décomposition. Cette observation prouve que ce n'est point à une action chimique du liquide conducteur sur l'élément de la solution saline décomposée qui aurait pu rester adhérent au fil de platine, que le phénomène est dû, mais bien à une propriété particulière que possèdent les fils métalliques qui ont servi de conducteurs à l'électricité voltaïque ; propriété complètement différente de l'électricité ordinaire, et que je nommerai, pour la distinguer de celle-ci, *propriété électro-dynamique*. — Je me suis assuré d'ailleurs directement qu'il n'existe dans la production du phéno-

---

(1) Je ne m'arrête point à exposer les détails relatifs à la manière dont je fais l'expérience ; il suffit de dire que j'établis toutes les communications au moyen du mercure.

mène aucun effet provenant de l'action chimique du liquide conducteur, soit sur les fils de platine, soit sur la portion du liquide décomposé qui aurait pu rester attachée aux fils eux-mêmes (1).

3°. Un seul fil suffit pour déterminer le courant, pourvu que l'autre extrémité du galvanomètre communique avec le même liquide dans lequel plonge ce fil. Le conducteur de platine qui sert à établir cette communication fait donc l'office d'un métal négatif, quand le fil placé au galvanomètre est celui qui avait été mis au pôle négatif de la pile, de métal positif avec le fil qui avait été au pôle positif. — L'effet est alors toujours moindre (de moitié environ) dans les mêmes circonstances, qu'il ne l'était avec les deux fils électrisés.

Deux circonstances importantes paraissent influer sur l'intensité du courant, l'une le *temps* pendant lequel les deux fils sont soumis à l'action de la pile, l'autre la *nature* des conducteurs qui complètent le circuit.

## I. *Le Temps*.

Les premières fois que je répétai l'expérience fondamentales que je n'avais jamais faite auparavant qu'accidentellement, je fus très-surpris de ne point réussir; je m'aperçus bientôt que cela provenait de ce que je ne laissais les fils que quelques instans dans le circuit galvanique; en les y laissant plus long-temps, j'obtins

(1) J'avais toujours soin de m'assurer que les fils de platine que j'employais n'excitaient par eux-mêmes aucun courant, quand, placés aux extrémités du galvanomètre, ils étaient plongés dans le conducteur liquide.

des effets sensibles et d'autant plus considérables que le temps était plus long. Ainsi, toutes les circonstances restant les mêmes, j'obtins relativement au temps,

| | |
|---|---|
| Pour 1 minute | 60° de déviation. |
| 2′ | 65° |
| 3′ | 70° |
| 4′ | 75° à 80° |
| 5′ | 85°. |

L'influence du temps se fait sentir même au-delà de quelques minutes, moins sous le rapport de l'intensité du courant, que sous deux autres points de vue.

1°. Plus les fils ont été long-temps soumis à l'action voltaïque, plus long-temps ils conservent la propriété électro-dynamique, quelques opérations qu'on leur fasse subir; un fil conducteur laissé 20 à 30 minutes dans le courant, lavé ensuite et bien essuyé, possède encore, au bout de quelques jours, la propriété d'exciter un courant.

2°. La durée du courant que l'on produit par des conducteurs qui ont été pendant un temps passablement long exposés à l'action de la pile, est beaucoup plus considérable que lorsque les fils n'y ont été exposés que pendant quelques instans.

Il résulte de ce qui précède que l'état dans lequel les fils métalliques se constituent, quand ils servent de conducteurs à l'électricité voltaïque, ne s'établit pas instantanément, mais seulement au bout d'un temps plus ou moins long. Je n'ai pas vu beaucoup d'avantage à laisser les conducteurs dans le courant au-delà de 30 minutes.

## II. *Nature des conducteurs.*

Dans les expériences précédentes, je n'ai employé que des liquides susceptibles d'être décomposés, soit pour mettre les fils dans le circuit, soit ensuite pour les réunir quand ils sont placés aux extrémités du galvanomètre. Avec de meilleurs conducteurs, c'est-à-dire, des conducteurs métalliques, je n'ai jamais pu obtenir aucun effet appréciable.

Ainsi, quand je réunissais les deux fils métalliques placés aux deux pôles, soit par du mercure, soit par le simple contact, je n'obtenais aucun effet en les transportant ensuite aux extrémités du galvanomètre et en les réunissant par un conducteur soit métallique, soit liquide. Cependant le courant qui avait traversé les fils dans ce cas était beaucoup plus énergique, comme le prouvait un galvanomètre placé de manière à indiquer toujours l'intensité du courant produit par la pile. Je ne réussis pas mieux en réunissant par un conducteur métallique les deux fils placés à l'extrémité du galvanomètre, lors même que ces deux fils avaient servi à la décomposition; ce qui est assez singulier, c'est qu'ils n'avaient point perdu par ce contact leur pouvoir électro-dynamique, car on pouvait le développer ensuite en se servant de l'intermédiaire d'un liquide conducteur.

Il paraît donc qu'il est nécessaire que le circuit renferme un conducteur imparfait, comme si la résistance qu'éprouve l'électricité à le traverser, ou la diminution de vitesse du courant permettaient aux fils de garder une portion de cette électricité, ou plutôt leur laissaient le

temps de se constituer dans l'état qui les rend propres à produire l'effet observé.

Mais, s'il est indispensable que le circuit renferme un conducteur liquide, il n'est pas moins nécessaire que ce conducteur soit aussi bon que possible. Plusieurs expériences m'ont prouvé que les conducteurs, dans un même temps, acquièrent une action électro-dynamique d'autant plus intense, que le conducteur liquide est plus parfait, soit à la pile, soit au galvanomètre. Avec de l'eau pure, les fils de platine, laissés dans le circuit plus de 15 minutes, n'ont jamais produit plus de 10° de déviation, quand même ils étaient réunis au galvanomètre par un liquide bon conducteur, et moins encore quand ils étaient aussi réunis par de l'eau pure. Avec une solution faible d'hydro-chlorate d'ammoniaque, ils ont produit 40 à 45°, de déviation; avec une solution plus forte, 60° quand ils n'étaient laissés dans le courant qu'une minute, 65 à 70° pour deux minutes, et 90° pour un temps plus long. Avec une solution très-concentrée du même sel ou avec de l'acide sulfurique pur, les conducteurs soumis seulement pendant une minute à l'action voltaïque ont donné 90° de déviation, et 180° environ après deux minutes. Dans ces diverses expériences, le galvanomètre de la pile indiquait le degré relatif de conductibilité de chaque liquide, lequel se trouve être dans un rapport assez exact avec le degré d'intensité du pouvoir électro-dynamique acquis par les conducteurs. Je remarquerai en passant que l'intensité de cette même action m'a paru être, au contraire, inversement proportionnelle au degré de conductibilité du métal employé pour conducteur.

J'ai déjà fait remarquer que toutes ces expériences donnent les mêmes résultats quand on coupe la portion des fils conducteurs qui ont servi à la décomposition, ou qu'on la lave et qu'on la frotte; mais l'effet, dans chaque cas, est diminué dans une certaine proportion, ce qui provient, à ce que je crois, en partie de ce que le contact entre le fil et le liquide se trouve alors moins parfait, en partie de ce que l'énergie du pouvoir électro-dynamique va en diminuant à partir de l'extrémité du fil où elle est la plus intense.

Il résulte de ce qui précède, que la présence dans le circuit d'un conducteur liquide susceptible d'être décomposé, est nécessaire pour que le fil conducteur acquière la propriété électro-dynamique; ce phénomène ne serait-il point lié avec les phénomènes singuliers que présente le passage du courant électrique à travers des conducteurs métalliques et liquides qui alternent entre eux, phénomènes qui ont fait le sujet du Mémoire cité au commencement de celui-ci. Ce qui paraît être évident, c'est que les liquides exercent comme conducteurs sur les courans électriques une modification tout-à-fait spéciale, qui présente des analogies éloignées peut-être, mais qui n'en sont pas moins réelles, avec certains phénomènes de la lumière et du calorique.

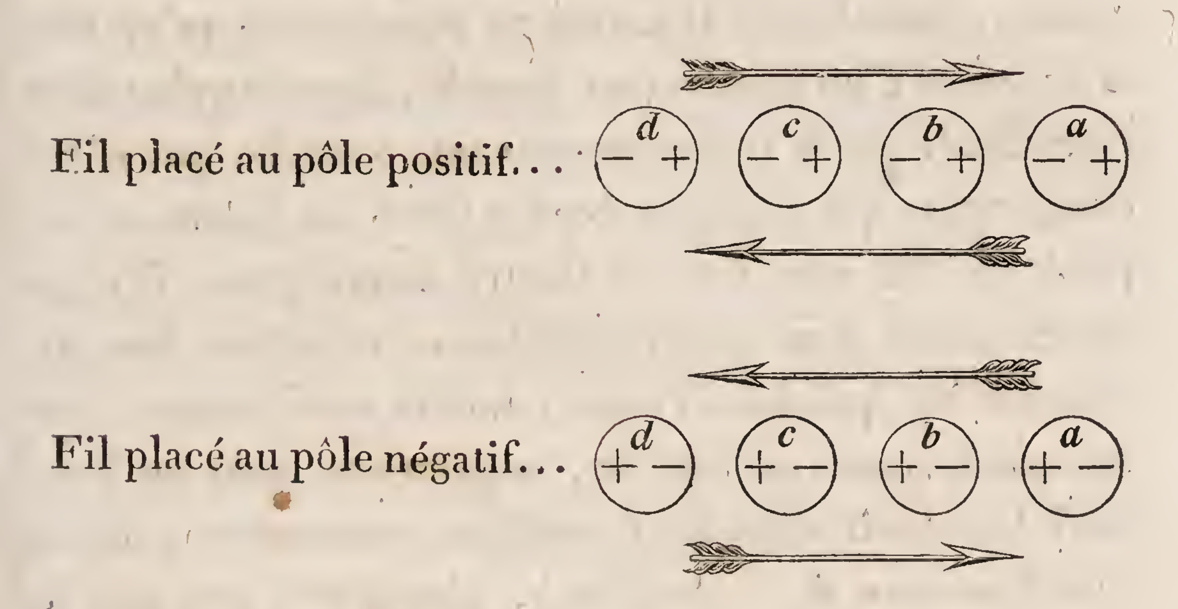
## *Essai de théorie.*

Avant d'entamer une nouvelle série d'expériences, il n'est pas inutile de chercher à donner quelque explication des phénomènes qui ont été déjà observés, afin de savoir de quel côté on peut avec avantage diriger son travail.

Deux circonstances paraissent surtout importantes et devoir guider dans la recherche d'une théorie : 1° *le sens du courant*, qui est produit par les fils conducteurs ; 2° *la nécessité d'un conducteur liquide*, pour que le phénomène ait lieu. L'explication suivante est fondée sur une hypothèse relative à la nature du courant, et sans y attacher une grande importance, je ne la présente que comme un moyen satisfaisant, dans l'état actuel de la science, de se rendre compte du phénomène.

J'admets que le courant électrique qui est établi dans un conducteur, n'est autre chose qu'une succession de décompositions et de recompositions rapides de l'électricité propre de chacune de ses molécules. Quel sera donc l'état électrique d'un des fils métalliques, par exemple, de celui qui est fixé à l'extrémité positive de la pile? Pour le savoir, ne considérons qu'une rangée de molécules ; il en sera de même pour toutes les autres. La molécule *a*, immédiatement en contact avec le liquide, est en + du côté de ce liquide, en — du côté de la particule suivante ; la particule *b* est en + vers le — de la particule *a* et en — du côté de la particule *c*, et ainsi de suite ; le + de la particule *a* est neutralisé par le — de la particule liquide décomposée, le + de la particule *b* par le — de la particule *a*, etc. J'enlève le fil ; il se trouve alors dans une disposition assez semblable, relativement à l'électricité, à celle que l'on suppose dans l'acier relativement au magnétisme, quand on admet la théorie de Coulomb ; son extrémité positive n'est plus neutralisée par l'élément négatif du liquide, et elle ne peut se réunir au — de la même particule *a*

retenu par le + de la particule *b*, si du moins l'on admet comme pour le magnétisme une espèce de force coercitive. Le fil placé à l'extrémité négative de la pile se trouvera dans un état électrique semblable ; seulement le — doit être remplacé par le +, et le + par le —.




Si je fais communiquer, soit ensemble, soit avec un autre conducteur, par l'intermédiaire du galvanomètre, chacun des fils ainsi électrisés, chaque molécule pourra se remettre dans son état électrique naturel, et neutraliser son + par son propre —, et non par le — de la suivante. Ce rétablissement donnera lieu à un courant dirigé dans un sens contraire à celui qui a électrisé les fils ; car celui-ci va toujours dans chaque molécule du — au +, c'est-à-dire, dans le sens où sont portés les +, ainsi que l'indique la flèche supérieure ; l'autre, qui opère la recomposition, va aussi dans le sens dans lequel sont portés les +, c'est-à-dire, alors du + au — dans chaque molécule, comme l'indique la flèche inférieure. Il n'est donc pas étonnant que, conformément à l'expérience, le courant dégagé par les fils

soit dirigé dans un sens contraire au sens du courant qui leur a imprimé le pouvoir électro-dynamique.

Mais pourquoi faut-il un conducteur liquide pour rétablir l'équilibre électrique dans les fils qui ont conservé la propriété électro-dynamique ? S'il est vrai que ce ne soit pas au peu de sensibilité des moyens d'observations, mais bien à la nature du phénomène qu'est due la nécessité d'un conducteur liquide, je crois qu'on peut l'expliquer par la remarque suivante : savoir, que si les conducteurs qui joignent deux à deux les quatre extrémités des fils sont l'un et l'autre métalliques, il n'y a pas de raison pour que l'équilibre se rétablisse dans un sens plutôt que dans l'autre ; tandis que lorsque l'un des conducteurs est liquide, sa présence, tout en rendant le circuit complet (condition nécessaire pour le rétablissement de l'équilibre), n'empêche pas que le courant ne passe avec plus de facilité par le conducteur métallique, et permet aux fils de se décharger et de revenir à leur état naturel.

Ainsi, d'après les considérations théoriques qui précèdent, les particules de chaque conducteur traversé par le courant, auraient leur fluide électrique naturel décomposé en deux, la partie + toujours tournée dans le sens suivant lequel se dirige le courant. De même encore que dans les aimans, il y aurait une certaine force coercitive propre à chaque conducteur qu'il faudrait vaincre, d'où il doit résulter, comme l'expérience le confirme, que l'état électrique du fil ne peut pas s'établir d'une manière instantanée, dès qu'il est dans le courant, et qu'une fois établi, il doit se conserver pendant un temps plus ou moins long.

Appliquant à cette hypothèse la théorie des aimans dans la supposition de deux fluides magnétiques, il est facile d'expliquer de la même manière pourquoi toute une extrémité est positive, et toute l'autre est négative; la pile, et les deux fils qui la terminent, peuvent être considérés comme un grand aimant dans lesquels le fluide magnétique est remplacé par le fluide électrique, qui du reste est distribué de la même manière.

Au reste, la supposition d'une force coercitive pour l'électricité, qui serait dans les corps solides inverse de la conductibilité, me paraît expliquer beaucoup d'autres phénomènes relatifs à l'électricité, comme j'aurai occasion de le faire remarquer, soit dans ce Mémoire, soit dans d'autres recherches sur des sujets analogues.

*Expériences et observations à l'appui de la théorie qui précède.*

L'analogie que nous avons établie entre un aimant et un conducteur qui a été soumis à l'action d'un courant, sera encore plus parfaite si nous considérons un fil de platine qui unit deux capsules pleines d'un liquide conducteur à chacune desquelles aboutit l'un des pôles de la pile. On sait que ce fil est positif à celle de ses extrémités qui plonge dans la capsule où se trouve le pôle négatif de la pile, et négatif à l'extrémité qui se trouve dans le liquide où aboutit le pôle positif. Porté au galvanomètre avec un fil de platine non électrisé, ce fil agira comme un fil qui a été au pôle + de la pile, ou comme un fil qui a été placé au pôle —, suivant que l'on plongera

dans le liquide conducteur l'une ou l'autre de ses extrémités. Non-seulement les deux bouts du fil, mais chacune de ses portions agira comme l'extrémité dont elle est la plus voisine; seulement l'intensité de l'action sera d'autant moindre, qu'on approchera plus du milieu où elle sera nulle, et ira en décroissant très-vîte, à partir des deux extrémités. Si l'on partage ce même fil en deux parties, et que l'on place chacune d'elles aux extrémités du galvanomètre, tout se passe comme lorsque nous y placions deux fils séparés, l'un positif, l'autre négatif; le sens du courant est parfaitement le même dans l'un et l'autre cas.

Une expérience importante, dont le résultat est très-propre à confirmer la théorie exposée plus haut, consiste à couper, dans une portion de son étendue, le fil rendu électro-dynamique, et à éprouver le sens du courant produit en plongeant les deux parties séparées dans un même liquide conducteur. Comme dans les aimans, les portions séparées doivent acquérir, à chacune des extrémitées qui se trouvaient auparavant unies, des pôles opposés; le sens du courant indique que le phénomène a bien lieu ainsi; mais ce courant a été faible et souvent nul, comme cela arrive toujours quand on ne se sert pas des portions mêmes des fils qui ont plongé dans le liquide soumis à l'action de la pile. Le peu d'intensité du courant ne proviendrait-il point de la faiblesse de la force coercitive du conducteur relativement à l'électricité? Ce sujet mérite d'être mieux étudié, et je m'occupe actuellement d'un travail dans lequel je cherche à comparer la force coercitive à la conductibilité dans les corps solides; quelques essais semblent

m'indiquer que ces deux propriétés, quant à leur degré relatif d'intensité dans chaque corps, sont inverses l'une de l'autre, c'est-à-dire que de deux fils de même diamètre et de même longueur que l'on place dans les mêmes circonstances, celui qui est le moins bon conducteur acquiert un pouvoir électro-dynamique plus grand; ce résultat, pour mériter quelque confiance, doit encore être obtenu par des expériences plus variées et faites avec plus de soin. Mais celles-ci sont très-délicates, parce que l'on peut déranger l'état électrique du fil, soit en le coupant, soit en lavant et essuyant les portions du métal qui plongeaient dans le liquide, et qui, placées aux extrémités du galvanomètre, pourraient sans cette précaution agir chimiquement sur le mercure qui sert à établir les communications.

Avant de terminer, il ne sera pas inutile de faire sentir la grande différence qui règne entre l'état ordinaire de tension électrique, et l'état électrique dans lequel se trouvent les fils qui ont aquis le pouvoir électro-dynamique.

1°.) Ces fils ne présentent pas le moindre indice d'électricité de tension, même avec les électroscopes les plus sensibles.

2°.) Le contact des meilleurs conducteurs, le frottement et d'autres actions mécaniques ne leur enlèvent point le pouvoir électro-dynamique.

3°.) L'état électrique dans lequel se constitue le fil qui unit les deux capsules dans lesquelles se fait la décomposition, ne présente aucun rapport avec l'état électrique du ruban de Volta; car il ne donne aucun signe d'électricité de tension. Je n'ai jamais pu pro-

duire avec un conducteur liquide un effet semblable à celui que produit le fil. Ainsi, un vase rectangulaire dont le fond renfermait une couche d'un liquide conducteur, d'un demi pouce d'épaisseur, après avoir été quelque temps dans le circuit, a été mis en communication avec le galvanomètre par deux pointes de platine que l'on a eu soin de faire plonger précisément où étaient les deux pôles de la pile, et jamais il n'y a eu le moindre courant.

4°.) Enfin, si l'état électrique des fils était dû à ce que l'électricité rencontrant un liquide mauvais conducteur, ne peut passer et reste par conséquent accumulée dans chaque fil, le pouvoir électro-dynamique devrait être d'autant plus intense que le liquide serait plus mauvais conducteur : or, c'est précisément le contraire qui a lieu.

Remarquons en outre, que plus le conducteur est épais et plus il offre de points de contact au liquide, plus le pouvoir qu'il acquiert est énergique. On peut même tellement condenser la force électro-dynamique avec une alternative de trois lames de platine séparées par un conducteur liquide, que l'on obtient, après que cet assemblage a été quelques instans dans le circuit voltaïque, un courant capable de faire raffoler l'aiguille et de la tenir pendant quelques momens à une déviation constante de plus de 20°. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'après avoir enlevé tout le liquide qui se trouve entre les lames de platine pendant l'action voltaïque et lui en avoir substitué de l'autre, l'action électro-dynamique a lieu de la même manière. Cette dernière expérience prouve, ainsi que les précé-

dentes, que ce n'est point à une réaction mutuelle du liquide et du conducteur qui ont été ensemble dans le circuit, mais bien à un état particulier dans lequel se constitue le conducteur seulement, qu'est dû le phénomène général que j'ai eu pour but d'étudier dans ce Mémoire.

### *Résumé.*

Je crois pouvoir conclure de ce qui précède :

1°. Que les corps solides qui ont servi de conducteurs à l'électricité acquièrent, quand ils sont placés dans les circonstances favorables, la propriété de donner lieu à un courant, propriété que l'on peut nommer *pouvoir électro-dynamique*.

2°. Que ces conducteurs ne peuvent acquérir et développer ce pouvoir que lorsqu'une portion du circuit renferme un liquide conducteur non métallique.

3°. Que les conducteurs liquides placés dans les mêmes circonstances ne sont pas susceptibles comme les solides d'acquérir cette propriété.

4°. Que toutes les circonstances qui accompagnent la production du phénomène semblent conduire à la conséquence que le courant s'établit dans les conducteurs par une décomposition et recomposition successive du fluide naturel de chaque molécule, et qu'il existe dans les conducteurs solides une force coercitive qui peut les maintenir pendant un temps plus ou moins long, dans l'état électrique qui leur a été imprimé par le passage du courant.

---

# RECHERCHES *sur la Distribution du magnétisme libre dans les barreaux aimantés.*

PAR M. KUPFFER.

( Extrait. )

LA plupart de ces recherches ont été faites suivant la méthode de Coulomb, c'est-à-dire, en faisant osciller, à la même distance, une petite aiguille horizontale devant différens points d'un barreau aimanté vertical. La seule modification que j'ai crue nécessaire était de suspendre l'aiguille à une plus grande distance du barreau que Coulomb ne l'a fait; car j'ai remarqué, comme lui, que la force magnétique de la petite aiguille pouvait s'altérer en l'approchant trop du barreau, et qu'une attraction trop vive pouvait même la faire changer de position, et dévier de la verticale le fil auquel elle était suspendue; ce qui doit nécessairement introduire de grandes erreurs dans les résultats. Il est vrai que, dans cette disposition de l'aiguille, un trop grand nombre de points du barreau aimanté agissent sur elle, pour qu'on puisse supposer que l'action est proportionnelle aux quantités de magnétisme libre résidant dans les points du barreau aimanté qui se trouvent sur le prolongement de l'aiguille, de sorte que les observations suivantes ne pourront servir qu'à vérifier une loi de distribution préalablement trouvée par la théorie.

La petite aiguille était d'acier, plate, très-étroite, et de 12 millimètres de longueur; elle était à une distance horizontale de 3 décimètres du barreau aimanté. Le bar-

reau était cylindrique, en acier fondu et non trempé, de 607 mill. de longueur et de 12,5 mill. d'épaisseur. Un chronomètre d'Arnold, qui battait 150 fois dans la minute, servait à mesurer le temps que l'aiguille employait pour faire 100 oscillations ; elle les faisait en 2′ 32″,0 sous l'action du magnétisme terrestre.

Les observations sont réunies dans les tableaux suivans. La colonne I donne la distance du point situé sur le prolongement de la petite aiguille au pôle boréal ; la colonne II, le temps que l'aiguille a employé à faire 100 oscillations ; la colonne III, la force correspondante à cette durée ; la colonne IV, enfin la distance du point du barreau situé sur le prolongement de l'aiguille, au point où l'attraction du barreau est nulle ; ou au point d'indifférence ; l'unité à laquelle se rapportent les nombres de cette colonne, est de 40 millimètres, de sorte que I désigne 40 millimètres ; II, 80 millimètres, et ainsi de suite. Les forces boréales sont désignées par +, les forces australes par —. J'ai d'abord essayé quelle pouvait être la force magnétique communiquée au barreau par l'action seule du magnétisme terrestre. Les résultats de ces observations ont été recueillis dans le tableau suivant.

(1er Tableau.)

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 523,5 | 2′--30″,4 | —0.0093 | —6 | 243,5 | 2′—32″,8 | +0.0045 | +1 |
| 483,5 | 2—30,4 | 0.0093 | 5 | 203,5 | 2—32,8 | 0.0045 | 2 |
| 443,5 | 2—30,4 | 0.0093 | 4 | 163,5 | 2—33,2 | 0.0068 | 3 |
| 403,5 | 2—30,8 | 0.0069 | 3 | 123,5 | 2—33,6 | 0.0090 | 4 |
| 365,5 | 2—31,2 | 0.0046 | 2 | 83,5 | 2—33,6 | 0.0090 | 5 |
| 323,5 | 2—31,6 | 0.0023 | 1 | | | | |
| 303,5 | 2—31,6 | 0.0023 | $\frac{1}{2}$ | | | | |
| 283,5 | 2—32,0 | 0.0000 | 0 | | | | |

Lorsque le barreau fut retourné, il perdit entièrement le magnétisme que l'action de la terre lui avait communiqué dans sa première position ; mais il ne prit pas tout de suite l'état opposé, excepté aux extrémités où il se manifestait un degré de magnétisme très-faible et contraire à celui qui s'était montré précédemment.

Maintenant, pour donner un magnétisme très-faible au barreau, je le fis glisser perpendiculairement sur le pôle boréal d'un aimant artificiel très-fort. Après l'avoir replacé devant l'aiguille, j'observai les durées suivantes de ses oscillations.

(2e Tableau.) Le pôle boréal du barreau était dirigé en haut.

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71,5 | 3′— 7″,2 | +0.1475 | +7 | 231,5 | 2′—52″,8 | +0.0979 | +3 |
| 111,5 | 3 — 6,8 | 0.1463 | 6 | 271,5 | 2 —46,4 | 0.0717 | 2 |
| 151,5 | 3 — 3,6 | 0.1362 | 5 | 311,5 | 2 —39,2 | 0.0383 | 1 |
| 191,5 | 2 —58,1 | 0.1186 | 4 | 351,5 | 2 —32,0 | 0.0000 | 0 |

| I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|
| 391,5 | 2′—26″,0 | —0.0363 | —1 |
| 431,5 | 2 —20,4 | 0.0745 | 2 |
| 471,5 | 2 —16,4 | 0.1047 | 3 |
| 511,5 | 2 — 12,8 | 0.1342 | 4 |
| 551,5 | 2 — 10,8 | 0.1517 | 5 |

On voit que le pôle austral du barreau était plus fort que le pôle boréal, et que le point d'indifférence est plus près du pôle le plus fort que de l'autre. Le barreau fut retourné, de sorte que le pôle boréal était

dirigé en bas ; aussitôt les forces magnétiques dans les différens points du barreau augmentèrent, comme on voit dans le tableau suivant.

( 3e Tableau. )

| I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|
| 546,5 | 2′— 9″,2 | —0.1662 | —5 |
| 506,5 | 2 —11 ,2 | 0.1481 | 4 |
| 466,5 | 2 —14 ,8 | 0.1175 | 3 |
| 426,5 | 2 —19 ,6 | 0.0803 | 2 |
| 386,5 | 2′—25″,2 | —0.0415 | —1 |
| 346,5 | 2 —32 ,0 | 0.0000 | 0 |
| 306,5 | 2 —38 ,8 | +0.0363 | +1 |
| 266,5 | 2 —46 ,4 | 0.0717 | 2 |
| 226,5 | 2′—54″,0 | +0,1025 | +3 |
| 186,5 | 3 — 1 ,2 | 0.1283 | 4 |
| 146,5 | 3 — 6 ,4 | 0.1450 | 5 |
| 106,5 | 3 —10 ,0 | 0.1558 | 6 |
| 66,5 | 3 —11 ,2 | 0.1593 | 7 |

En même temps le point d'indifférence s'est rapproché du milieu du barreau. Je n'ai pas besoin de dire que le barreau n'éprouva pas ces changemens d'une manière subite, mais qu'il fallait, dans chaque nouvelle position, plusieurs heures pour l'amener à son état final. On remarquait en général que lorsque les forces magnétiques du barreau augmentaient, le point d'indifférence se rapprochait lentement du milieu, ou bien qu'il s'en éloignait quand elles diminuaient.

Cette influence du magnétisme terrestre sur la distribution et l'intensité des forces magnétiques libres d'un

barreau aimanté fut encore confirmée davantage par les observations suivantes.

Le même barreau fut passé de nouveau perpendiculairement, dans toute sa longueur, sur le pôle boréal du grand aimant artificiel, tout-à-fait comme dans la première expérience, seulement un plus grand nombre de fois, pour qu'il reçût toute la force magnétique que cette méthode d'aimantation est capable de donner. Il fut replacé devant l'aiguille, qui n'avait pas changé de position par rapport au barreau, et on observa de nouveau la durée des oscillations.

(4e Tableau.) Le pôle boréal du barreau dirigé en haut.

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 167,5 | 4′—46″,4 | +0.3109 | +4 | 287,5 | 2′—50″,8 | +0.0900 | +1 |
| 207,5 | 3—54,4 | 0.2508 | 3 | 327,5 | 2—32,0 | 0.0000 | 0 |
| 247,5 | 3—17,6 | 0.1767 | 2 | 367,5 | 2—17,6 | —0.0953 | —1 |

| I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|
| 407,5 | 2′— 7″,2 | —0.1852 | —2 |
| 447,5 | 1—59,6 | 0.2663 | 3 |
| 487,5 | 1—54,4 | 0.3313 | 4 |
| 527,5 | 1—51,2 | 0.3759 | 5 |

Et après avoir retourné le barreau :

(5^e Tableau.) Le pôle boréal du barreau dirigé en bas.

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 527,5 | 1′—50″,4 | —0.3876 | 5 | 407,5 | 2′— 7″,2 | —0.1852 | 2 |
| 487,5 | 1 —53 ,6 | 0.3421 | 4 | 367,5 | 2 —17 ,6 | 0.0953 | 1 |
| 447,5 | 1 —59 ,2 | 0.2710 | 3 | 327,5 | 2 —32 ,0 | 0.0000 | 0 |

| I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|
| 287,5 | 2′—51″6 | +0.0932 | +1 |
| 247,5 | 3—18,8 | 0.1798 | 2 |
| 207,5 | 3 —58 ,0 | 0.2563 | 3 |

Ici, le magnétisme du barreau est aussi plus grand dans sa seconde position que dans la première; mais le point d'indifférence est resté à la même place. Cependant cette dernière circonstance n'a pas duré long-temps; le lendemain, le point d'indifférence s'était rapproché de deux millimètres du milieu, et la force du pôle boréal avait un peu augmenté. Après avoir de nouveau retourné le barreau, de sorte qu'il était exactement dans sa première position, on trouva qu'il n'était pas complètement rétourné à son premier état, ce qu'on doit sans doute attribuer à la force coercitive de l'acier qui perd difficilement quelque chose du magnétisme qu'il a une fois acquis.

Il est donc évident, par ce qui précède :

1°. Quel point d'indifférence est toujours plus près du pôle le plus fort que de l'autre;

2°. Qu'un barreau aimanté vertical a plus de force

lorsque le pôle boréal (dans notre hémisphère) est tourné en bas que dans la position contraire ;

3°. Qu'un barreau aimanté suivant la méthode employée ci-dessus, c'est-à-dire en le faisant glisser dans toute sa longueur sur un seul pôle d'un aimant, est toujours plus fort au pôle immédiatement produit par le pôle de l'aimant ; le point d'indifférence est donc toujours plus près de celui-là que de l'autre ; mais il se rapproche du milieu lorsque le magnétisme du barreau augmente uniformément dans toute sa longueur.

Ces lois ont encore été confirmées par un grand nombre d'expériences qu'il serait inutile de citer ici. Je réunirai seulement dans les deux tableaux suivans une série d'observations faites avec le même barreau, aimanté jusqu'à saturation par la méthode de Coulomb à double touche.

L'aiguille avait perdu une petite partie de son magnétisme : elle employait 2′.33″.2 pour faire ses oscillations.

(6ᵉ Tableau.) Le pôle boréal du barreau dirigé en haut.

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 300,0 | 2′—33″.2 | 0.0000 | 0 | 420 | 1′ 37′,6 | —0.6239 | — 3 |
| 340 | 2 — 4,4 | —0.2201 | —1 | 460 | 1 —31,2 | 0.7763 | 4 |
| 380 | 1 —48,0 | 0.4313 | —2 | 500 | 1 —27,2 | 0.8891 | 5 |

| I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|
| 540 | 1′—25″,2 | —0.9515 | —6 |
| 260 | 3 —43,2 | +0.2253 | +1 |

Ici l'aiguille s'est retournée.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 220 | 15′—26″ | +0.4144 | +2 | 140 | 2′—48″,4 | +0.7787 | +4 |
| 180 | 3 —44″,8 | 0.6239 | 3 | 100 | 2 —27 ,2 | 0.8876 | 5 |
| 60 | 2′—18″,8 | +0.9451 | +6 | | | | |

(7e Tableau.) Le pôle boréal du barreau tourné en bas.

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 304 | 2′—33″,2 | 0.0000 | 0 | 424 | 1′—37″,2 | —0.6324 | —3 |
| 344 | 2 — 4 ,4 | —0.2201 | —1 | 464 | 1 —30 ,4 | 0.7975 | —4 |
| 384 | 1 —48 ,0 | —0.4313 | —2 | 504 | 1 —26 ,8 | 0.9012 | —5 |
| 544 | 1′—24″,8 | —0.9645 | —6 | | | | |
| 264 | 3 —40 ,0 | +0.2195 | +1 | | | | |

Ici l'aiguille s'est retournée.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 184 | 3′—44″,0 | +0.6254 | +3 | 104 | 2′—25″,6 | +0.8978 | +5 |
| 144 | 2 —47 ,2 | 0.7838 | +4 | 64 | 2 —17 ,2 | 0.9573 | 6 |

Dans ces deux derniers tableaux, la distance horizontale du centre de l'aiguille au barreau était de 315 millimètres. Comme la durée de 100 oscillations de l'aiguille n'était pas exactement 2′—33″,2, mais un peu plus petite, la position du point d'indifférence indiquée ci-dessus peut être erronée de 1 ou 2 millimètres.

Le même barreau, suspendu horizontalement à un

assemblage de fils de soie sans torsion, faisait 40 oscillations en 884″,8.

Cette loi, que nous avons tirée des observations, s'étend aussi à la position horizontale, comme il était facile de le prévoir. Je traçai sur une feuille de papier plusieurs lignes parallèles que je plaçai dans le méridien magnétique aussi exactement qu'il est possible. Ces lignes étaient coupées perpendiculairement par une autre ligne. Une petite aiguille horizontale, suspendue sous une cloche à un fil de soie détordu, très-fin, était placée à une très-petite distance au-dessus de la feuille de papier, de manière que son centre se trouvait précisément au-dessus du point d'intersection d'une des lignes parallèles et de la ligne transversale. Par cette disposition, l'aiguille, lorsqu'elle était en repos, coïncidait exactement avec la ligne au-dessus de laquelle elle était suspendue, et la plus légère déviation pouvait être remarquée facilement. Cet appareil peut également servir pour trouver le point d'indifférence d'un barreau, et pour essayer la force de ses pôles. Pour trouver le point d'indifférence d'un barreau, on n'a qu'à le placer sur une des lignes parallèles à la direction de l'aiguille, et à le faire avancer et reculer sur la même ligne jusqu'à ce que l'aiguille ne dévie plus du méridien magnétique : alors le point d'intersection du barreau (considéré comme une ligne) et de la ligne transversale qui passe par le centre de l'aiguille perpendiculairement à sa direction, sera le point d'indifférence du barreau. Pour trouver enfin la force d'un de ses pôles, on le place sur le prolongement de la ligne de l'aiguille, à une certaine distance de celle-ci, et on observe la durée

de ses oscillations, à l'aide de laquelle, quand on a préalablement observé la durée d'une oscillation, lorsque l'aiguille n'est sollicitée que par le magnétisme terrestre, on peut facilement calculer la force magnétique du pôle.

Dans les expériences suivantes, on a toujours commencé par déterminer le point d'indifférence du barreau, puis on l'a placé sur la ligne de l'aiguille à une distance de 14 centimètres de son centre, premièrement au nord et puis au sud de celle-ci, et on a observé la durée d'un certain nombre d'oscillations; on a enfin répété les mêmes opérations après avoir retourné le barreau.

Le barreau était cylindrique, en acier fondu non trempé, de 60,3 centim. de longueur et 12,5 mill. d'épaisseur. L'aiguille avait 14 mill. de longueur et faisait, par l'action seule du magnétisme terrestre, 100 oscillations en 2′—38″.4.

Le barreau fut d'abord aimanté à saturation et posé sur la ligne de la petite aiguille; le pôle boréal du barreau était tourné au nord. Lorsque le barreau se trouvait au sud de l'aiguille, de sorte que son pôle boréal était tourné vers le pôle austral de l'aiguille; celle-ci faisait 200 oscillations en 1′—45″,6; ce qui correspond à une force de 3,1885. Mais lorsque le barreau fut transporté de l'autre côté de l'aiguille sans cependant changer sa position par rapport aux régions du monde, de sorte que son pôle austral était tourné vers le pôle boréal de l'aiguille, celle-ci fit 200 oscillations en 1′—45″, 2; ce qui donne une force de 3,2157 (1). Main-

(1) On voit, par la différence entre ces deux nombres, que l'aimantation de ce barreau n'était pas tout-à-fait uni-

tenant le barreau fut retourné, de sorte que son pôle boréal était tourné vers le sud; la petite aiguille se retourna aussi et fit dans les deux positions, au nord et au sud de l'aiguille, 200 oscillations en 1′—1″,6, et en 1′—0″,8; ce qui donne des forces de 3.0339 et 3.1037. On voit donc que le barreau exerçait une force plus considérable lorsque son pôle boréal était tourné vers le nord que dans la position contraire.

Le point d'indifférence de ce barreau était éloigné de 30,26 centim. du pôle boréal; il était donc un peu plus près du pôle austral que du pôle boréal.

Dans plusieurs autres expériences où le point d'indifférence du barreau était assez éloigné de son milieu, on observa, outre la même augmentation de la force magnétique, que le point d'indifférence se rapprochait du milieu quand le barreau, dont le pôle nord était précédemment tourné vers le sud, fut retourné.

Si l'on place un barreau fortement aimanté sur la ligne de l'aiguille, à deux distances différentes, par exemple, à la distance de 14 centimètres et de 10 centimètres, on trouve que les actions du barreau sur l'aiguille, dans ces deux positions, sont presque exactement en raison inverse du carré des distances de l'extrémité du barreau au centre de l'aiguille; ce qui prouve que le centre des forces qui agissent sur l'aiguille est situé très-près de l'extrémité du barreau. On trouve la distance *a* de ce point imaginaire à l'extrémité du barreau, en partant de la supposition que les forces

---

forme; ce qui est aussi fort difficile à atteindre dans un barreau de cette longueur.

exercées par le barreau doivent être en raison inverse des distances de ce point au centre de l'aiguille, par la formule :

$$a = \frac{b'\sqrt{k'} - b\sqrt{k}}{\sqrt{k} - \sqrt{k'}},$$

dans laquelle $b$, $b'$ désignent les deux distances successives de l'extrémité du barreau au centre de l'aiguille ; et $k$, $k'$ les forces exercées par le barreau à ces deux distances.

En comparant de cette manière, deux à deux, une série d'observations faites à différentes distances du barreau au centre de l'aiguille, on trouvera des valeurs de $a$ qui ne sont pas exactement les mêmes, mais qui s'écartent très-peu l'une de l'autre. Dans les barreaux aimantés à saturation, la valeur de $a$ est toujours très-petite et négative, c'est-à-dire que le point dont la distance à l'extrémité du barreau est exprimée par $a$, et qui représente le centre des forces qui agissent sur l'aiguille, tombe hors de l'extrémité du barreau. Dans les barreaux faiblement aimantés, quand le point d'indifférence est éloigné de leur milieu, à l'extrémité la plus faible la valeur de $a$ est positive et peut devenir assez grande, comme on le verra dans l'expérience suivante.

Un barreau cylindrique en acier fondu, tout-à-fait semblable au précédent, fut mis en contact par une de ses extrémités avec le pôle nord d'un aimant artificiel très-fort, pour lui donner un magnétisme faible. Il se trouva que le point d'indifférence était éloigné de 8,8 centimètres du pôle austral. Le barreau fut posé sur la

ligne de l'aiguille, de sorte que le pôle austral du barreau était tourné vers le pôle austral de l'aiguille; lorsque la distance de l'extrémité du barreau au centre de l'aiguille était égale à 14 centimètres, l'aiguille employa 5′—0″0 pour faire 100 oscillations; et lorsque cette distance était de 10 centimètres, l'aiguille tourna et n'employa que 3′—46″,4 pour faire le même nombre d'oscillations. Les forces correspondantes à ces durées sont 0.2874 et 0,5936, d'où l'on trouve $a = -0^{c},85$.

Le barreau fut transporté de l'autre côté de l'aiguille sans changer sa position par rapport aux régions du monde; c'était donc maintenant le pôle boréal du barreau qui agissait sur le pôle boréal de l'aiguille; celle-ci faisait 100 oscillations en 2′—44″4 à la distance de 14 centim., et en 2′—46,8 à la distance de 10 c.; ce qui donne $k = 0.0286$; $k' = 0.0391$, et $a = +13.83$. Après avoir retourné le barreau de sorte que son pôle boréal était dirigé vers le nord, la force du pôle austral fut trouvée égale à 0.2959 à la distance de 14 c., et à 0.6015 à la distance de 10 c.; et celle du pôle boréal du barreau, fut 0.0320 à la distance de 14 centim., et 0.0555 à la distance de 10 c.

Dans une autre expérience, le point d'indifférence du barreau se trouva à 9,0 centim. du pôle austral; lorsque le pôle nord du barreau était tourné vers le sud, la force du pôle austral fut trouvée égale à 0.2978 à la distance de 14 c., et de 0.6059 à la distance de 10 c.; la force du pôle boréal était égale à 0.0304 à la première, et à 0.0409 à la seconde distance; ce qui donne $a = -0.595$ pour le pôle austral, et $a = +11,42$ pour le pôle boréal.

On voit par ces observations que la valeur de *a* est d'autant plus grande que le point d'indifférence est plus éloigné du milieu du barreau ; qu'elle est négative à l'extrémité, vers laquelle le point d'indifference s'est approché, et positive à l'autre extrémité.

Les phénomènes que je viens de citer suffiront peut-être pour expliquer les anomalies que M. Barlow a remarquées dans les attractions de barreaux de fer incandescens. Nous avons vu précédemment que les points d'indifférence de barreaux très-faiblement aimantés, sont fort rapprochés de leurs extrémités ; comme le magnétisme communiqué au fer doux par l'action de la terre est nul au rouge clair et atteint son *maximum* au rouge sombre, il est très-probable qu'il se forme un point d'indifférence à chaque extrémité du barreau ; de sorte que, pour peu qu'on s'éloigne avec la boussole d'épreuve de ces extrémités, on tombe sur des points qui sont dejà situés au-delà du point d'indifférence, et qui possèdent un magnétisme opposé à celui de l'extrémité même ; dans cette première époque du refroidissement, le magnétisme opposé à celui de l'extrémité doit même augmenter jusqu'à un certain point, d'autant plus qu'on se rapproche davantage du milieu du barreau ; mais à mesure que la force du barreau augmente, le point d'indifférence se rapproche du milieu, et tout rentre dans l'ordre des phénomènes ordinaires.

Voici encore quelques expériences faites avec le même appareil concernant l'influence qu'exerce la forme des extrémités d'un barreau sur sa force magnétique et sur la position du point d'indifférence. Un barreau cylindrique en acier fondu et non trempé, de 43 centimètres de lon-

gueur et 12 $\frac{2}{7}$ millim. d'épaisseur, fut arrondi à une de ses extrémités, aimanté à saturation et placé sur la ligne de l'aiguille à une distance de 14 centimètres. Lorsque le pôle nord du barreau était dirigé vers le sud, la force du pôle boréal et arrondi fut trouvée égale à 2.0319, et celle du pôle austral égale à 2.1558; dans la position opposée du barreau, la force magnétique du pôle boréal était égale à 2.2198 et celle du pôle austral égale à 2.3006. Le point d'indifférence était au milieu du barreau.

La même extrémité qui avait été arrondie pour l'expérience précédente, fut limée en pointe, aiguisée de plus en plus, et mise successivement en expérience, après avoir chaque fois aimanté de nouveau le barreau jusqu'à la saturation. La force du pôle pointu diminua à mesure que la pointe devint plus aiguë; le point d'indifférence s'éloigna toujours davantage de cette extrémité, et la valeur de $a$, qui était négative dans le commencement, diminua toujours, devint égale à zéro, et changea enfin de signe; de sorte que, lorsque le cône qui termine cette extrémité du barreau, était d'une hauteur de 16 millimètres, on trouva $a = + 0.71$ c.

La température, qui exerce une inflence si considérable sur l'intensité des forces magnétiques, doit probablement influer aussi sur leur distribution; ce qui est mis hors de doute par les observations suivantes.

Un parallélipipède en acier trempé, de 503 mill. de longueur, de 15 $\frac{1}{2}$ de largeur et de 5 mill. d'épaisseur, fut aimanté à saturation et placé verticalement devant l'aiguille, dans l'appareil qui nous a servi dans nos premières observations pour déterminer la force

magnétique des différens points d'un barreau aimanté. J'ai vu qu'elle faisait, n'étant sollicitée que par le magnétisme terrestre, 50 oscillations en 268″. Le tableau suivant donne l'ensemble des observations.

(8ᵉ Tableau.) *N. B.* La colonne II donne la durée de 200 oscillations de l'aiguille.

| I. | II. | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 156,5 | 260″ | 0.5569 | 96,5 | 181″ | 1.1862 | 46,5 | 151″ | 1.7195 |
| 146,5 | 243 | 0.6426 | 76,5 | 165 | 1.4311 | 36,5 | 150 | 1.7430 |
| 136,5 | 228 | 0.7374 | 66,5 | 159 | 1.5441 | 16,5 | 154 | 1.6518 |
| 116,5 | 202 | 0.9455 | 56,5 | 154 | 1.6518 | −6,5 | 169 | 1.3657 |

Ce même barreau fut chauffé jusqu'à 80° R., et remis dans l'appareil après le refroidissement. La force avait diminué considérablement, comme on le voit dans le tableau suivant :

(9ᵉ Tableau.)

| I. | II. | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 156,5 | 291″ | 0.4376 | 116,5 | 229″ | 0.7280 | 76,5 | 191″ $\frac{1}{2}$ | 1.0559 |
| 136,5 | 256 | 0.5765 | 96,5 | 208 | 0.8897 | 56,5 | 180 $\frac{1}{2}$ | 1.1929 |

Ces observations nous font voir que la perte du magnétisme occasionée par la chaleur, n'est pas uniforme dans toute la longueur du barreau, mais qu'elle est plus considérable vers les extrémités que sur le milieu.

Effectivement, en divisant entre elles les forces qui appartiennent aux mêmes points du barreau avant et après l'échauffement, les quotiens sont d'autant plus grands, que les points sont plus rapprochés des extrémités du barreau. Ainsi,

$$\frac{0.5569}{0.4376} = 1,2727 \text{ est plus petit que } \frac{1.6518}{1.1929} = 1.3763,$$

et ainsi de suite.

Le même barreau fut aimanté de nouveau et placé horizontalement sur son épaisseur dans le méridien magnétique, à une certaine distance d'une aiguille très-petite, qui se trouvait dans le prolongement du barreau. L'aiguille faisait 100 oscillations en 490″, n'étant sollicitée que par le magnétisme terrestre. Le barreau fut placé à différentes distances du centre de l'aiguille, et on les mesura avec soin : elles sont indiquées dans la colonne I du tableau suivant; la colonne II contient les durées de 100 oscillations de l'aiguille, et la colonne III, les forces correspondantes à ces durées.

( 10e Tableau. )

| I. | II. | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 197m | 427″ | 0.1777 | 157 | 350″ | 0.2849 | 117 | 266″ | 0.5237 |
| 187 | 409 | 0.1975 | 147 | 329½ | 0.3267 | 107 | 243½ | 0.6330 |
| 177 | 390 | 0.2213 | 137 | 309 | 0.3773 | 97 | 221 | 0.7773 |
| 167 | 370 | 0.2505 | 127 | 288 | 0.4406 | 87 | 198 | 0.9787 |
| | | | | | | 77 | 174 | 1.2795 |

Maintenant le barreau fut retiré et chauffé jusqu'à la température de l'eau bouillante. Après le refroidissement,

il fut remis à sa place, et on observa de nouveau les durées des oscillations de l'aiguille qui sont contenues dans le tableau 11$^e$.

( 11$^e$ Tableau. )

| I. | II. | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 197$^m$ | 483″ | 0.1298 | 137 | 365″ | 0.2586 | 77 | 224″ | 0.7556 |
| 177 | 446 | 0.1595 | 117 | 320 | 0.3490 | 67 | 198 | 0,9787 |
| 157 | 406? | 0.2010 | 97 | 273 | 0.4951 | 57 | 172 | 1.3104 |
| | | | | | | 47 | 146 | 1.8349 |

Dans les deux dernières observations, l'attraction était si intense que l'aiguille se rapprochait un peu du barreau, de sorte que les forces qui en dérivent sont un peu trop grandes.

Si on calcule, par les données des deux derniers tableaux, les valeurs de $a$, on trouve qu'elles sont négatives dans le tableau 10, et positives dans le tableau 11. Le centre des forces magnétiques agissant dans la direction même du barreau, qui tombe au-delà de son extrémité s'il est aimanté à saturation, s'approche donc par la chaleur peu à peu de l'extrémité, et s'en trouve enfin à une petite distance du côté du milieu du barreau. On trouve par la 1$^{re}$ et 7$^e$ observations du 10$^e$ tableau, $a = -0^{mm}.57$, et par la 7$^e$ et 3$^e$ du même tableau $a = -0^{mm}.39$; mais dans le tableau 11$^e$, la 1$^{re}$ et la 4$^e$ observations donnent $a = +0.88$, et la 4$^e$ et 8$^e$ observations, $a = +0.75$.

---

Je cite encore ici des observations qui se rapportent à la distribution des forces magnétiques dans les barreaux

aimantés à saturation, et qui ont été faites avec une aiguille en fer sulfuré magnétique, substance qui prend un magnétisme très-faible et le conserve pendant très-long-temps. Cette aiguille pouvait être placée à une distance horizontale de 4 centimètres seulement du barreau aimanté qui était vertical. Le barreau avait $361^{mm}$ de longueur et 8 d'épaisseur, était cylindrique et en acier trempé très-dur. Les observations sont réunies dans le tableau suivant.

( 12ᵉ Tableau. ) Le pôle nord tourné en bas.

| I. | II. | III. | IV. | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 182 | 10′—35″,2 | 0.0003 | 0 | 102 | 1′—40″,8 | 0.9598 | 2 |
| 172 | 4 —33 ,6 | 0.1094 | $\frac{1}{4}$ | 82 | 1 —28 ,8 | 1.2438 | $2\frac{1}{2}$ |
| 162 | 3 —22 ,0 | 0.2207 | $\frac{1}{2}$ | 62 | 1 —20 ,4 | 1.5226 | 3 |
| 152 | 2 —47 ,2 | 0.3334 | $\frac{3}{4}$ | 42 | 1 —15 ,8 | 1.7252 | $3\frac{1}{2}$ |
| 142 | 2 —24 ,4 | 0.4552 | 1 | 22 | 1 —13 ,6 | 1.8216 | 4 |
| 122 | 1 —58 ,0 | 0.6938 | $1\frac{1}{2}$ | + 2 | 1 —23 ,0 | 1.4272 | $4\frac{1}{2}$ |

| I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|
| — 18 | 1′—56″,5 | 0.7091 | 5 |
| — 38 | 2 —52 ,8 | 0.3105 | $5\frac{1}{2}$ |
| — 58 | 3 —56 ,4 | 0.1551 | 6 |
| — 78 | 4 —59 ,6 | 0.0870 | $6\frac{1}{2}$ |
| — 98 | 5 —59 ,0 | 0.0532 | 7 |
| 118 | 6 —52 ,0 | 0.0345 | $7\frac{1}{2}$ |

La petite aiguille était d'une longueur de 13 millimètres, et avait 3 millim. en carré d'épaisseur; elle faisait, par la seule action de la terre, 50 oscillation en 5′—20″.

RAPPORT *fait à l'Académie des Sciences de l'Institut, sur un Mémoire relatif à un phenomène que présente l'écoulement des fluides élastiques, et au danger des soupapes de sureté employées dans les appareils à vapeur, présenté par M.* Clément Désormes, *dans la séance du 4 décembre* 1826. (*Commissaires, MM.* Biot, Poisson *et* Navier, *Rapporteur.*)

Ce Mémoire a excité l'attention des physiciens, soit à raison des expériences nouvelles qui étaient décrites par l'auteur, soit à raison des lumières que ces expériences paraissaient apporter sur les causes des explosions dans les appareils où la vapeur aqueuse est soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique, et sur les moyens de prévenir ces dangereux accidens. Nous rappellerons d'abord les principaux faits énoncés par M. Clément, et ceux dont il nous a rendu témoins. Nous passerons ensuite à l'explication qu'il en a donnée, et nous ajouterons quelques remarques.

Le premier fait a été communiqué par M. Griffith, ingénieur des machines de Fourchambaut, à MM. Thenard et Clément Desormes, et l'expérience a été répétée devant eux aux hauts-fourneaux de Torteron, en Berri, dans le mois de septembre 1826. Il consiste en ce que si l'air, fortement comprimé dans un réservoir, jaillit par un orifice ouvert dans une surface plane, et que l'on présente au choc de la veine d'air une planche ou un disque de métal, ces corps, repoussés d'abord par l'action de ce choc, sont attirés au contraire, lorsque, en

surmontant cette répulsion, on les approche à une très-petite distance des rebords plans de l'orifice. L'écoulement du fluide s'établit alors, suivant des directions divergentes, dans le petit intervalle qui reste entre les deux plans, et il en résulte une action qui retient le plan mobile, en sorte qu'on ne peut plus l'écarter du plan de l'orifice sans surmonter une résistance. Cette expérience a été répétée et variée de diverses manières par M. Clément, en substituant la vapeur aqueuse à l'air atmosphérique. On conçoit que, pour qu'elle réussisse, il doit exister de certains rapports entre la vitesse du fluide, l'aire de l'orifice, la grandeur du plan mobile, et la petite distance entre ce plan et les bords de l'orifice. Les circonstances de ce phénomène n'ont pas encore été suffisamment étudiées pour que l'on puisse fixer avec certitude les limites hors desquelles il cesserait de se produire. Nous citerons seulement une expérience qui a été faite devant nous, dans laquelle le diamètre de l'orifice était de $0^m,014$, et la force élastique de la vapeur dans la chaudière, d'environ 2,8 atmosphères. Le jet de la vapeur était dirigé verticalement de haut en bas. Un disque de cuivre, de $0^m,08$ de diamètre, était placé à $\frac{2}{3}$ de millimètre environ du plan de l'orifice, dont les rebords avaient également un diamètre de $0^m,08$. La force avec laquelle le disque se trouvait retenu à cette petite distance du plan de l'orifice, était suffisante pour surmonter le poids de ce disque que l'on a trouvé de $0^k,276$. Mais si la tension de la vapeur dans la chaudière était sensiblement diminuée, cette force diminuant en même temps, le disque se détachait en cédant à l'action de la gravité.

La seconde expérience a pour objet de mettre en évidence la diminution de la pression intérieure qui a lieu dans l'espace compris entre les bords de l'orifice et le disque, par l'effet de l'écoulement du fluide; diminution qui est la seule cause à laquelle on puisse attribuer cette singulière adhérence par laquelle le disque se trouve maintenu dans une position où il ferme, pour ainsi dire, le passage au fluide, ou du moins en obstrue beaucoup l'écoulement. Dans cette expérience, le plan de l'orifice et le disque sont placés verticalement. On a pratiqué une petite ouverture près des bords du disque, à laquelle s'adapte un tube de verre coudé, qui vient plonger dans un vase rempli d'eau, placé à environ $0^{m},5$ au-dessous du disque. Lorsque l'écoulement de la vapeur a lieu, on voit l'eau du vase, soulevée dans le tube de verre, s'y maintenir à une certaine hauteur au-dessus du niveau extérieur, ou même s'élever jusqu'à l'extrémité supérieure de ce tube, et se mêler à la vapeur qui s'écoule par le contour du disque; en sorte que le vase est promptement vidé par l'effet de cette aspiration. Il résulte de cette expérience, que la pression intérieure, près des bords du disque, est moindre que la pression atmosphérique. On s'assure d'ailleurs que cette circonstance a lieu seulement dans l'espace voisin de la circonférence du disque. En effet, si l'on perce le centre du disque, qui répond au centre de l'orifice, la vapeur jaillit avec force par l'ouverture; et en y adaptant un tube plongeant dans de l'eau, comme il est dit ci-dessus, l'eau est déprimée dans ce tube. M. Clément a reconnu de cette manière qu'au centre du disque la pression était presque égale à celle qui

avait lieu dans le réservoir de vapeur, et que cette pression allait en diminuant du centre à la circonférence, près de laquelle, comme on l'a dit ci-dessus, la pression intérieure était très-sensiblement moindre que la pression atmosphérique.

Une autre remarque intéressante, est qu'un jet de vapeur sortant avec peu de vitesse d'un réservoir où elle n'est échauffée qu'à 100° environ, brûle fortement si l'on présente la main dans la direction de ce jet. Au contraire, si, la température étant plus élevée dans le réservoir, la vapeur en sort avec une densité et une vitesse beaucoup plus grandes, la température du jet s'abaisse considérablement au-delà de l'orifice, et il devient incapable de brûler.

L'explication donnée par M. Clément de ces divers phénomènes, consiste à regarder l'écoulement de l'air ou de la vapeur entre les bords de l'orifice et le disque, comme étant analogues à celui de l'eau dans un tuyau conique divergent, écoulement par l'effet duquel on sait que la paroi de ce tuyau est pressée du dehors au dedans. Considérant une série de surfaces cylindriques parallèles, ayant pour axe commun l'axe même de l'orifice, et pour hauteur le petit intervalle compris entre le plan de l'orifice et le disque, l'auteur assimile ces surfaces aux sections que l'on ferait dans le tuyau par une suite de plans perpendiculaires à son axe. Il voit, dans les deux cas, le fluide parcourir en s'écoulant des sections planes ou cylindriques de plus en plus grandes, et regarde la diminution de pression que l'on observe également dans l'un et dans l'autre, comme devant être attribuée à la même cause.

Pour donner plus d'autorité à cette explication, M. Clément a fait exécuter un tuyau aplati de $0^m,25$ de longueur, divergent de manière que la section étant d'un centimètre carré à une extrémité, elle est de 6 centimètres carrés à l'autre. En adaptant à une petite ouverture située près de l'extrémité la plus large du tuyau, un tube de verre plongeant dans un vase plein d'eau, on observe, lorsque l'écoulement de la vapeur a lieu par le tuyau, le même phénomène d'aspiration dont il a été question précédemment. Ces deux modes d'écoulement semblent donc tout-à-fait analogues. L'auteur a observé d'ailleurs que lorsque la vapeur s'écoulait ainsi par ce tuyau divergent, la température dans le réservoir étant de 130 à 140°, un thermomètre placé près de l'extrémité la plus large du tuyau indiquait une température de 95° seulement; tandis que si la vapeur n'était soumise dans le réservoir qu'à une pression égale à la pression atmosphérique, la température se trouvait de 100° environ à l'extrémité du tuyau.

Nous citerons encore une autre expérience d'après laquelle, lorsque la vapeur s'écoule par un tuyau cylindrique, la pression dans le réservoir étant de 3 atmosphères, la paroi de ce tuyau est pressée fortement du dedans au dehors. Cette expérience est remarquable, en ce que le résultat diffère totalement de ce qui a lieu pour un fluide incompressible. On sait effectivement que lorsque l'eau s'écoule par un tuyau cylindrique horizontal qui n'est pas étranglé à l'une ou l'autre de ses extrémités, la pression supportée intérieurement par la paroi ne surpasse pas sensiblement la pression atmosphérique qui s'exerce en dehors, et qu'elle est

même en quelques points inférieure à cette pression si l'entrée du tuyau n'est pas évasée.

Depuis la présentation du Mémoire de M. Clément, M. Hachette a répété ces expériences. Il a produit le même phénomène d'attraction apparente entre les bords de l'orifice et le disque en y faisant couler de l'eau; et il lui a paru que l'effet devenait plus sensible lorsque les bords de l'orifice étaient formés par deux surfaces concaves parallèles. On peut voir, à ce sujet, les *Annales de Chimie et de Physique*, pour le mois de mai 1827. M. Baillet, inspecteur divisionnaire des Mines, a rendu sensible la diminution de pression qui a eu lieu dans un tuyau conique divergent par une expérience bien simple, qui consiste à placer à l'extrémité de la tuyère d'un soufflet d'appartement un cône en papier, que l'on voit froissé et comprimé par la pression extérieure lorsque l'on fait agir le soufflet. Cette expérience est consignée dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour le mois d'avril 1827,

Pour se former des notions exactes sur ces effets, il est indispensable de distinguer ce qui concerne les fluides incompressibles et les fluides élastiques.

Daniel Bernouilly est le premier qui, en donnant une théorie exacte du mouvement des fluides incompressibles coulant dans des vases, ait considéré les changemens que ce mouvement apporte à la pression hydrostatique. Ses premières recherches sur ce sujet, qui datent de 1726, ont paru dans le tome II des *Mémoires de l'Académie de Pétersbourg*, et l'on trouve, dans le tome IV de la même Collection, le détail des expériences ingénieuses et décisives que ce grand géomètre

avait faites pour vérifier sa théorie. Les mêmes objets ont été reproduits dans la 12e Section de son *Hydrodynamica*, qui a paru en 1738, et forment une des parties les plus intéressantes d'un ouvrage qui, suivant l'expression de Lagrange, « brille d'une analyse aussi élégante dans sa marche que simple dans ses résultats. » La principale règle établie par D. Bernouilly peut être énoncée de cette manière : le mouvement du fluide étant devenu uniforme, on aura la pression dans chaque section du vase, en retranchant de la pression hydrostatique (c'est-à-dire de la pression qui aurait lieu si l'orifice d'écoulement était fermé) une pression due à la la hauteur d'où le liquide devrait tomber pour avoir la vitesse qui a lieu dans la section dont il s'agit. Les expériences ont démontré l'accord des effets naturels avec cette règle, qui suppose l'orifice d'écoulement très-petit par rapport à la section supérieure du vase.

Les expériences de D. Bernouilly ont été répétées par diverses personnes. Nous citerons à ce sujet celles de Bonati et de Stratico, publiées en 1790 dans le tome v des *Mémoires de la Société italienne*; celles de Delanges, ingénieur vénitien, qui ont paru en 1792 dans le tome xv des *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*, qui s'impriment à Milan ; et enfin celles de Venturi, qui ont été présentées à l'Institut de France en 1796. Ces diverses recherches ont toujours donné des résultats conformes à la théorie, et l'on en a déduit l'explication de plusieurs phénomènes, par exemple, des effets des soufflets à trombes employés dans les forges.

La théorie dont on vient de parler suppose d'ailleurs

évidemment que le fluide occupe entièrement les sections du vase. Lorsque l'on adapte à un orifice un tube conique divergent, il peut arriver que le fluide coule en remplissant ce tube jusqu'à l'extrémité, et c'est seulement alors que la règle de D. Bernouilly peut être appliquée. Il peut arriver aussi que la veine de fluide jaillisse sans toucher aux parois du tube. Dans ce dernier cas, on peut concevoir que le mouvement du fluide, par un simple effet de frottement, tende à entraîner hors du tube l'air qui se trouve entre la veine et la paroi, et que cet air ne pouvant être renouvelé sans effort, il s'établisse dans le tube une pression un peu inférieure à la pression atmosphérique. Mais cet effet est d'une autre nature et assujetti à d'autres lois que les pressions qui ont lieu dans l'intérieur des vases, lorsque le fluide remplit la totalité de la section transversale.

A l'égard maintenant des fluides élastiques, les géomètres n'ont point encore traité d'une manière générale les questions relatives à l'écoulement de ces fluides dans des vases. Les phénomènes sont ici plus compliqués, soit à raison de l'élasticité du fluide, soit à raison des variations qui peuvent survenir dans la température de ses diverses parties, par l'effet des changemens dans la chaleur spécifique qui accompagnent les changemens de volume. Ils se compliqueront davantage encore si l'on considère une vapeur, telle que la vapeur aqueuse, parce qu'il sera nécessaire alors d'avoir égard à la condensation partielle qui peut être le résultat d'un refroidissement, et à la chaleur développée par suite de cette condensation. L'analyse ma-

thématique atteindrait difficilement aujourd'hui la solution de ces questions, et la physique ne lui fournirait pas d'ailleurs les élémens qui lui seraient nécessaires.

En négligeant les changemens de température, et se bornant à considérer un fluide élastique permanent, tel que l'air atmosphérique, il est aisé d'appliquer l'hypothèse du parallélisme des tranches au cas où un semblable fluide s'écoule hors d'un réservoir dans lequel la pression est maintenue constante. On peut consulter sur ce sujet une Note qui a été publiée par l'un de nous dans le Numéro du mois d'avril dernier des *Annales de Chimie et de Physique*. Les résultats que l'on obtient ainsi ne sont point sans doute entièrement conformes aux effets naturels; mais ils peuvent donner une idée approchée de ces effets. On conclut de cette solution, relativement à l'objet dont il s'agit dans ce rapport, que la pression intérieure demeure toujours plus grande que la pression extérieure, lorsque le fluide s'écoule par un tuyau cylindrique ou par un tuyau conique convergent ou divergent adapté à un orifice; en sorte que le résultat diffère de ce qui a lieu pour un fluide incompressible, puisque ce dernier fluide, coulant par un tuyau cylindrique dont l'entrée est évasée, subit une pression égale à la pression atmosphérique, et quand il coule par un tuyau divergent, supporte une pression moindre que la pression atmosphérique. Pour que, dans l'écoulement d'un fluide élastique, la pression intérieure soit moindre que la pression extérieure, il est nécessaire qu'avant d'arriver à la section extrême, le fluide ait à franchir un étran-

glement où le passage soit plus resserré que dans cette section, et trouve ensuite entre cet étranglement et l'orifice un espace plus large où il soit forcé de se dilater. Il n'est pas besoin de dire d'ailleurs que le résultat que l'on vient d'énoncer suppose que le fluide remplit entièrement les sections du tuyau qu'il parcourt. Lorsque l'on veut faire écouler ce fluide par un tuyau divergent, cette condition ne peut être satisfaite qu'autant qu'il existe une certaine relation (que le calcul fait connaître) entre le degré de divergence du tuyau, la pression extérieure, et celle qui a lieu dans le réservoir d'air. Si la divergence du tuyau est trop grande, la veine de fluide ne le remplissant pas, la théorie ne peut être appliquée. Le phénomène change alors de nature; mais l'on peut concevoir ici, aussi-bien que dans le cas d'un fluide incompressible, que le mouvement de cette veine tendant à entraîner l'air qui l'entoure, à vider par conséquent le tuyau divergent où l'air ne peut rentrer que difficilement, parce qu'au-delà la veine de fluide élastique continue à communiquer son mouvement de translation à l'air ambiant, il s'établisse dans ce tuyau une pression un peu inférieure à celle de l'atmosphère; et comme il n'est pas nécessaire que cette diminution de pression soit fort considérable pour rendre raison des effets que l'on observe dans les expériences, il ne paraît pas que rien s'oppose à ce que l'on puisse attribuer ces effets à la cause que nous venons d'indiquer.

Quant à l'abaissement sensible de température que subit un jet de vapeur fortement comprimée, premièrement quand ce jet parvient à l'extrémité d'un tuyau

divergent, puis quand il est sorti de ce tuyau, cet effet paraît un résultat naturel de la dilatation que la vapeur doit subir à l'extrémité du tuyau où la pression est inférieure à celle de l'atmosphère, et de la dilatation plus grande encore qui résulte de son mélange avec l'air atmosphérique, mélange qui est facilité par l'impulsion donnée à l'air par un jet animé d'une grande vitesse. Mais au-delà du tuyau la force élastique du fluide composé d'air et de vapeur doit toujours être égale à la pression de l'atmosphère qui l'entoure de toutes parts.

Il nous reste maintenant à parler de l'influence que les nouveaux effets dont il vient d'être question peuvent avoir sur la sureté des appareils dans lesquels on produit la vapeur aqueuse. Toutes les fois que la soupape est formée par un large disque appliqué sur le plan dans lequel l'orifice est ouvert, ou même, dans de certaines limites, si la soupape est formée par un cône entrant dans un autre, il est sans doute possible que, cette soupape étant entr'ouverte, le phénomène dont il s'agit se produise, et par conséquent que l'écoulement de la vapeur soit réduit dans une très-grande proportion. En considérant une soupape abandonnée à elle-même, il faudra admettre, pour que cette circonstance ait lieu, que le mouvement donné à la soupape par la vapeur qui la soulève, est tel que la vitesse qui avait été imprimée est ensuite détruite par l'action de la gravité, tandis que cette soupape se trouve encore dans les limites de la distance très-petite du plan de l'orifice qui convient à la production du phénomène. Cela suppose de certaines relations entre divers élémens, tels que la

largeur des bords de l'orifice et de la soupape qui s'y applique, le poids dont cette soupape est chargée, l'adhésion qui s'établit ordinairement entre les bords de l'orifice et la soupape, l'excès momentané de force élastique acquis par la vapeur. Les limites dans lesquelles le phénomène peut avoir lieu ne sont pas assez bien déterminées, pour que l'on puisse aujourd'hui apprécier la probabilité d'un accident dont il serait la cause. Cette probabilité diminuera beaucoup si, comme on le fait ordinairement, on ne donne que peu de largeur aux bords de l'orifice et au disque. Il suffit que l'on puisse concevoir la possibilité d'un accident de ce genre pour que l'on doive chercher à l'éviter, au moyen de la précaution qui vient d'être indiquée, ou même en employant des soupapes de sûreté disposées d'une autre manière.

*Conclusions.*

D'après les détails dans lesquels nous venons d'entrer, l'Académie a pu juger que le Mémoire qui lui a été présenté par M. Clément Desormes était très-digne d'intéresser les physiciens, soit par la nouveauté des phénomènes qui y sont décrits, soit par les notions que l'auteur s'en était formées, soit enfin par les avantages que les arts peuvent recueillir de la connaissance de ces phénomènes. Nous pensons que ce Mémoire mérite l'approbation de l'Académie, et qu'il doit être imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

Fait à Paris, le 10 septembre 1827.

---

# Note *sur un Chlorure de manganèse remarquable par sa volatilité.*

Par Mr J. Dumas (1).

Le chlorure dont il est ici question correspond à l'acide manganésique, et se transforme par le contact de l'eau en acide hydro-chlorique et manganésique. On l'obtient aisément en mettant une dissolution d'acide manganésique dans de l'acide sulfurique concentré en contact, avec du sel marin fondu. Il se fait de l'eau, qui est retenue par l'acide sulfurique et du chlorure de manganèse qui se volatilise sous forme gazeuse.

Ce corps ne paraît pourtant pas constituer un gaz permanent. Lorsqu'il se produit, il apparaît sous la forme d'un fluide élastique d'une teinte cuivreuse ou verdâtre; mais lorsqu'on le fait passer dans un tube de verre refroidi à — 15 ou — 20° c., il se condense tout entier en un liquide de couleur brun-verdâtre.

Lorsqu'on produit le perchlorure de manganèse dans un tube large, sa vapeur déplace peu à peu l'air du tube, et celui-ci s'en trouve bientôt rempli. Si l'on verse alors le gaz dans une grande éprouvette dont les parois soient humectées, la couleur du gaz change subitement en rencontrant l'air humide de l'éprouvette; on voit paraître une épaisse fumée d'une belle couleur

(1) J'ai signalé ce corps dans mon Mémoire sur les vapeurs. Depuis un an, j'ai eu l'occasion de montrer sa formation aux chimistes les plus distingués de Paris, et M. Thénard en parle dans sa dernière édition, tome III, page 353.

de rose, et les parois de l'éprouvette se colorent en pourpre foncé. Cette couleur est due à l'acide manganésique. En effet, l'eau ainsi colorée précipite abondamment le nitrate d'argent, et traitée par la potasse caustique, elle éprouve toutes les modifications de teinte que l'on observe dans les dissolutions du caméléon minéral. Il est évident que tous ces phénomènes résultent de la décomposition subite de l'eau et de la production simultanée de l'acide hydro-chlorique et de l'acide manganésique.

Le procédé qui m'a paru le plus simple pour produire ce composé remarquable, consiste à former du caméléon vert ordinaire, et à le transformer en caméléon rouge au moyen de l'acide sulfurique. La dissolution évaporée laisse pour résidu un mélange de sulfate et de manganésiate de potasse. Ce mélange, traité par l'acide sulfurique concentré, fournit la dissolution d'acide manganésique dans laquelle on projette le sel marin par petits fragmens jusqu'à ce qu'il ne se forme plus que des vapeurs incolores, signe auquel on reconnaît que tout l'acide manganésique est décomposé, et qu'il ne se dégage plus que de l'acide hydrochlorique.

Un composé analogue se forme quand on remplace le sel marin par un fluorure. Mais il m'a été impossible de recueillir ce produit en quantité suffisante pour l'examiner, tandis que le chlorure se forme si aisément qu'on pourra étudier ses propriétés avec soin, bien qu'il ne puisse se conserver qu'avec des précautions extrêmes.

---

# Observations *sur quelques Propriétés du Soufre.*

Par Mr J. Dumas.

Dans un Mémoire sur le sulfure de carbone, MM. Clément et Desormes avaient rappelé l'anomalie singulière que présente ce corps lorsqu'il est soumis à l'action de la chaleur. Ils avaient vérifié la réalité d'un phénomène aperçu par les anciens chimistes, phénomène qui consiste en ce que le soufre liquéfié par la chaleur s'épaissit graduellement lorsqu'on augmente la température. Depuis lors, à ma connaissance, personne ne s'est occupé de cette propriété sur laquelle je vais présenter quelques détails curieux.

J'ai trouvé que le soufre fondu commençait à cristalliser entre 108 et 109° c. On peut donc placer à 108° le point de fusion de ce corps.

Entre 110° c. et 140° c. il est liquide comme un vernis clair. Sa couleur est celle du succin. Mais vers 160° c., il commence à s'épaissir, il prend une teinte rougeâtre, et si l'on continue à le chauffer, il devient tellement épais qu'il ne coule plus, et qu'on peut renverser le vase sans qu'il change de place. C'est de 220° à 250° c. que ce phénomène est le plus marqué. Sa couleur est alors d'un brun rouge. Depuis 250° c. jusqu'au point d'ébullition, il semble se liquéfier, mais il n'arrive jamais au degré de fluidité qu'il avait à 120°. Sa couleur brun-rouge se conserve jusqu'au moment où il se transforme en vapeur.

Mais, outre ce fait singulier, il s'en présente un

autre qui n'est pas moins digne d'attention. Lorsqu'on refroidit subitement le soufre fluide, il devient cassant, tandis que le soufre épais soumis au même traitement reste mou, et d'autant plus que sa température est plus élevée. Voici le détail de quelques expériences à ce sujet :

| Température. | Soufre chaud. | Soufre refroidi subitement par immersion dans l'eau. |
|---|---|---|
| 110° c. . . . . . . . . . | très-liquide, jaune. | très-friable, couleur ordinaire. |
| 140° c. . . . . . . . . . | liquide, jaune foncé. | très-friable, couleur ordinaire. |
| 170° c. . . . . . . . . . | épais, jaune orangé. | friable, couleur ordinaire. |
| 190° c. . . . . . . . . . | plus épais, orangé. | mou et transparent d'abord, mais bientôt friable et opaque; couleur ordinaire. |
| 220° c. . . . . . . . . . | visqueux, rougeâtre. | mou et transparent, couleur de succin. |
| 230° à 260°. . . . . . | très-visqueux, brun-rouge. | très-mou, transparent, de couleur rougeâtre. |
| Point d'ébullition. | Moins visqueux, brun-rouge. | très-mou, transparent, couleur brun-rouge. |

Dans toutes ces expériences, le soufre a été projeté dans l'eau dès qu'il avait atteint la température où l'on désirait l'essayer. Il n'est donc pas nécessaire, bien que tous les ouvrages de chimie indiquent cette précaution, de chauffer le soufre pendant long-temps pour obtenir le soufre mou. Tout dépend de la température. La seule précaution à prendre consiste à le couler dans une quantité d'eau assez grande pour que le refroidissement soit subit, et à le diviser en petites gouttes par

la même raison. Si on le coule en masse, l'intérieur se refroidit lentement et repasse à l'état de soufre dur.

Lorsque l'expérience est bien faite sur du soufre porté à 230° et au-dessus, on l'obtient assez mou et assez ductile pour qu'on puisse le tirer en fils aussi fins qu'un cheveu et de plusieurs pieds de longueur.

Il y a donc un rapport constant entre la température à laquelle s'opère la trempe et l'altération que le soufre en éprouve. Il est fort remarquable sans doute que cette trempe ramollisse le soufre au lieu de le durcir. C'est un exemple à ajouter à celui du bronze et à opposer aux théories imaginées pour la trempe de l'acier et celle du verre. C'est encore une circonstance bien singulière que la transparence que conserve le soufre mou, tandis que celui qui durcit devient subitement opaque.

Il est difficile d'assigner une cause à des phénomènes aussi éloignés des modifications habituelles de la matière. Toutefois on aperçoit bien nettement comme cause prochaine le passage à l'état cristallin. Lorsque le soufre cristallise, il devient dur, cassant et opaque. Lorsque le refroidissement subit empêche sa cristallisation, il reste mou, transparent, et conserve cet état particulier jusqu'au moment où il cristallise, ce qui a lieu presque toujours vingt ou trente heures après la trempe.

Il existe sans doute quelque rapport entre ces faits et les observations curieuses de M. Thenard sur le phosphore.

---

# NOTE *sur les Vibrations des Corps sonores.*

PAR M. POISSON.

(Lue à l'Académie des Sciences le 1er octobre 1827.)

JE m'occupe actuellement d'un travail fort étendu sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps élastiques, et particulièrement sur les vibrations des corps sonores. En attendant que j'aie pu en terminer la rédaction définitive, je demande à l'Académie la permission de lui faire connaître le principe de mon analyse et plusieurs des conséquences qui s'en déduisent.

Une partie du Mémoire que j'annonce renferme les expressions des forces provenant de l'attraction moléculaire des corps élastiques dont les particules sont un tant soit peu écartées de leurs positions d'équilibre. On y fait voir que ces forces ne peuvent pas être représentées par des intégrales, comme on l'avait fait jusqu'ici; et il en résulte que les règles du calcul des variations que Lagrange a suivies dans la *Mécanique analytique*, ne sont pas propres à donner les équations d'équilibre des corps élastiques, tels qu'ils sont dans la nature, c'est-à-dire, formés de molécules disjointes. L'action mutuelle de deux portions d'un corps quelconque, en chaque point de leur surface de séparation, s'exprime immédiatement par une somme quadruple; je la réduis à une somme simple ou relative à une seule variable; cette somme est nulle dans l'état naturel du corps, et je prouve qu'elle le serait encore après les déplacemens des particules, si elle se chan-

geait en une intégrale ; d'où je conclus qu'elle est du nombre des sommes qui ne peuvent pas subir cette transformation, quoique la variable à laquelle elle répond croisse par des différences extrêmement petites.

L'autre partie de ce Mémoire, qui en est l'objet principal, est relative aux vibrations des verges et des plaques sonores, et contient les équations communes à tous leurs points, et celles qui n'appartiennent qu'à leurs limites. Il existe sur cette matière un grand nombre d'expériences de Chladni et de M. Savart. Mon Mémoire renfermera une comparaison très-détaillée de la théorie à ces expériences ; voici déjà quelques résultats qui pourront faire juger de l'accord remarquable de l'observation et du calcul.

Une même verge élastique peut vibrer de quatre manières différentes. Elle exécutera, 1° des vibrations *longitudinales*, lorsqu'on l'étendra ou qu'on la comprimera suivant sa longueur ; 2° des vibrations *normales*, quand on la dilatera ou qu'on la condensera perpendiculairement à sa plus grande dimension ; 3° des vibrations que Chladni a nommées *tournantes*, qui auront lieu en vertu de la torsion autour de son axe ; 4° enfin, des vibrations *transversales*, dues aux flexions qu'on lui fera éprouver. Ces quatre sortes de vibrations sonores, dépendant de la rigidité d'une même matière, doivent être liées entr'elles, de telle sorte que le ton correspondant aux vibrations d'une espèce étant connu, on en puisse déduire le ton correspondant à chacune des trois autres espèces. C'est un des problèmes que je me suis proposé, et dont on trouvera la solution complète dans mon Mémoire.

Les lois des vibrations longitudinales sont les mêmes que celles de l'air dans les flûtes, du moins quand on néglige ce qui tient à l'influence de l'épaisseur de la verge. Les vibrations normales sont trop compliquées pour que je puisse en indiquer les lois dans cette Note; je dirai seulement qu'elles accompagnent toujours les précédentes, et que c'est à elles qu'on doit attribuer la multiplicité de nœuds dépendans de l'épaisseur, dont nous devons la connaissance à M. Savart. Quant aux vibrations tournantes, Chladni a trouvé qu'une même verge encastrée par une extrémité et libre par l'autre, rend un ton plus grave d'une quinte, lorsqu'on la fait vibrer par torsion que quand elle vibre longitudinalement (1), ou autrement dit, le ton qu'elle rend dans le premier cas est le même que celui qu'elle rendrait dans le second, si sa longueur était augmentée dans le rapport de 3 à 2; or, je prouve que ce rapport devrait être celui de $\sqrt{10}$ à 2, ce qui diffère à peine d'un vingtième du resultat de Chladni; et l'on peut négliger cette différence si l'on fait attention qu'il s'est contenté d'énoncer ce résultat en nombre rond.

Le rapport des vibrations transversales aux longitudinales dépend de la forme de la verge; je l'ai déterminé dans deux cas différens : dans le cas des verges cylindriques et dans celui des verges parallélèpipédiques.

---

(1) En faisant cette expérience, il faut éviter de produire des vibrations transversales en même temps que les vibrations tournantes, et employer préférablement des verges cylindriques. Voyez l'*Acoustique* de Chladni, page 110 de l'édition française.

S'il s'agit, par exemple, d'une verge libre par les deux bouts, rendant le ton le plus grave dont elle est susceptible; que l'on représente par $l$ sa longueur, par $n$ le nombre de ses vibrations longitudinales, et par $n'$ celui des transversales; et que l'on désigne par $e$ son épaisseur dans le cas des verges parallélèpipédiques, ou son diamètre dans le cas des verges cylindriques, on aura,

$$n' = (2,05610)\frac{ne}{l},$$

dans le premier cas, et

$$n' = (1,78063)\frac{ne}{l},$$

dans le dernier; le second nombre compris entre parenthèses se déduisant du premier en le multipliant par $\frac{1}{2}\sqrt{3}$.

J'ai été curieux de vérifier ces formules par l'expérience, et je ne pouvais pas mieux m'adresser pour cela qu'à M. Savart qui a bien voulu me communiquer les observations suivantes, faites sur des verges de matières et de dimensions différentes. Les vibrations longitudinales ont été observées sur les longueurs entières des verges qui étaient de près d'un mètre; on les a réduites à un huitième par la loi connue, suivant laquelle les nombres de ces vibrations sont en raison inverse des longueurs; et c'est sur ce huitième que les vibrations transversales ont été observées. On a conclu les nombres $n$ et $n'$ des unes et des autres, du ton rendu dans chaque cas et apprécié avec une grande précision. Voici le tableau de ces expériences comparées aux formules précédentes :

1°. Verge parallélèpipédique en cuivre jaune.

$l = \frac{1}{8}(0^{m},825)$, $e = 3^{mm},92$, $n = 34133$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 2667$. | $n' = 2668$. | $+1$. |

2°. Verge cylindrique en cuivre jaune.

$l = \frac{1}{8}(0^{m},825)$, $e = 4^{mm},8$, $n = 34133$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 2844$. | $n' = 2829$. | $-15$. |

3°. Verge cylindrique en cuivre rouge.

$l = \frac{1}{8}(0^{m},825)$, $e = 3^{mm},4$, $n = 36864$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 2133$. | $n' = 2164$. | $+31$. |

4°. Verge cylindrique en fer.

$l = \frac{1}{8}(0^{m},88)$, $e = 5^{mm}$, $n = 45514$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 3686$. | $n' = 3683$. | $-3$. |

5°. Verge parallélèpipédique en verre.

$l = \frac{1}{8}(0^{m},967)$, $e = 6^{mm},4$, $n = 42667$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 4608$. | $n' = 4645$. | $+37$. |

6°. Verge parallélèpipédique en verre.

$l = \frac{1}{8}(0^m,967)$, $e = 2^{mm},6$, $n = 42667$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 1843$. | 1887. | $+44$. |

7°. Verge parallélèpipédique en hêtre.

$l = \frac{1}{8}(0^m,8925)$, $e = 2^{mm},8$, $n = 40960$.

| Observation. | Calcul. | Différence. |
|---|---|---|
| $n' = 2048$. | $n' = 2114$. | $+66$. |

Dans les cinq premières expériences, les différences entre le calcul et l'observation sont très-peu considérables, puisque la plus grande ne s'élève qu'à un 70e du nombre $n'$ calculé. Dans la 6e, la différence est un peu plus grande, mais s'élève toutefois a moins d'un 40e de $n'$. On pourrait attribuer cette circonstance aux inégalités d'épaisseur qui ont une plus grande influence à cause que la verge est la plus mince qu'on ait employée. La matière, la forme et la longueur étant les mêmes que dans la 5e expérience, les valeurs de $n'$ devraient être proportionnelles aux épaisseurs, ce qui donnerait 1872 pour la 6e valeur de $n'$, conclue de la 5e donnée par l'observation, et ce nombre ne différerait pas d'un 120e du nombre 1887 donné par le calcul. C'est dans la 7e et dernière expérience que l'écart entre le calcul et l'observation est le plus sensible ; il s'élève à un 32e de $n'$ : on pourrait encore l'attribuer

aux erreurs inévitables dans les données de l'observation; et il suffirait, par exemple, d'une erreur d'un dixième de millimètre sur la valeur de $e$ pour le faire entièrement disparaître. Mais il peut aussi être dû à ce que nos formules ne s'appliquent pas à une verge de bois, qu'on doit regarder comme un système de fibres longitudinales, qui n'a pas la même rigidité dans le sens de l'épaisseur et dans le sens de la longueur. On conçoit que cette rigidité étant moindre dans la première direction que dans la seconde, le nombre des vibrations transversales soit aussi moindre que celui que nous concluons du nombre des vibrations longitudinales; ce qui s'accorde avec la dernière expérience.

Observons enfin que dans les deux premières expériences la longueur $l$ et la matière de la verge étaient les mêmes; les nombres $n'$ des vibrations transversales seraient donc proportionnels aux épaisseurs $e$, si la verge avait la même forme; la 2e valeur de $n'$, conclue de la 1re, serait alors 3265, au lieu de 2844 que donne l'observation. La différence qui existe entre ces deux nombres montre clairement l'influence de la forme de la verge; et, en effet, d'après la théorie, pour passer des verges parallélèpipédiques aux cylindriques, il faut, toutes choses d'ailleurs égales, diminuer le nombre $n'$ dans le rapport de $\sqrt{3}$ à 2, ce qui réduit le premier nombre 3265 à 2828 qui ne diffère que très-peu de l'observation.

Puisqu'on peut apprécier avec une très-grande précision les tons rendus par des verges élastiques vibrantes, il en résulte un moyen de déterminer la rigidité des différentes matières, et d'en conclure leur résistance à

la flexion ou à l'extension. Je comparerai dans mon Mémoire ce procédé à l'expérience directe, et je verrai s'il est susceptible du même degré d'exactitude.

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 6 *août* 1827.

TITRES des Mémoires manuscrits reçus dans cette séance : Mémoire sur l'emploi du chlorure de chaux pour désinfecter l'air des ateliers des vers à soie, par M. Bonafous ; Mémoire sur la propagation de la chaleur dans un prisme triangulaire, par M. Ostrogratzki ; Note sur un nez refait artificiellement au moyen de la peau du front recourbée, par M. Delpech ; un Mémoire de M. Le Chevallier, lieutenant d'artillerie, sur l'écoulement des fluides dans l'atmosphère.

L'Académie procède au scrutin pour l'élection d'un associé étranger : M. Young réunit la majorité des suffrages.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire présente une tête de jeune girafe, où l'on voit que le noyau osseux de la corne, pendant le premier âge, est séparé du front par une suture distincte. L'Académie a entendu ensuite : un Mémoire de M. Becquerel sur quelques phénomènes électriques produits par la pression et le clivage des cristaux ; un Mémoire de M. Despretz sur la compression des gaz ; une nouvelle Théorie des vibrations sonores, par M. Cagniart-Latour ; un Mémoire sur l'opé-

ration de la pupille artificielle, par M. Faure. M. Molard a rendu, enfin, un compte favorable du tachygraphe et du Tachytype inventés par M. Conti.

*Séance du lundi 13 août.*

*Titres des Mémoires reçus* : Mémoire pour faire suite à l'histoire de la quinine, de la cinchonine et de l'acide quinique, par M. Henry; Recherches sur le poids et les dimensions à donner aux volants des machines pour qu'ils produisent l'effet qu'on désire en obtenir, par M. Landormy; troisième Note sur l'écoulement des fluides, par M. Le Chevallier; Mémoire sur deux cas de luxations des vertèbres cervicales avec compression de la moelle épinière, par M. Barny.

M. Chevreul lit une Note sur la découverte de l'acide phocénique dans l'orcanette.

M. Lisfranc lit un Mémoire sur la Rhynoplastie, et présente un individu sur qui cette opération a été faite avec succès.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire communique les observations qu'il a faites sur un cheval polydactyle à doigts séparés par des membranes.

M. Savart lit des Recherches sur les vibrations normales.

L'Académie a aussi entendu dans cette séance deux rapports verbaux : l'un de M. Freycinet sur l'Atlas ethnographique de M. Balbi; l'autre de M. Silvestre sur un ouvrage de M. Francœur concernant l'enseignement du dessin linéaire.

*Séance du lundi 20 août.*

On reçoit l'Ordonnance du Roi par laquelle la nomination de M. Berthier est confirmée.

M. Pons écrit pour annoncer la découverte d'une nouvelle comète.

M. Fossombroni communique un rapport sur une opération césarienne faite récemment dans un hôpital de Florence.

Titres des Mémoires reçus : Recherches et observations sur l'anévrisme faux consécutif, par M. Breschet; Découvertes sur le traitement des affections scrofuleuses, et procédé pour la guérison des fistules à l'anus, par M. Deygallières (paquet cacheté); nouvelles Observations sur la fièvre jaune, par M. Leymerie.

M. Cassini, au nom d'une Commission, rend un compte favorable d'un travail de M. Turpin relatif à la reproduction des truffes.

M. Pouillet lit un Mémoire sur l'électro-magnétisme.

M. Chabrier lit un Précis de quelques observations nouvelles sur les mouvemens progressifs des animaux.

*Séance du lundi 27 août.*

L'Académie reçoit un Mémoire de M. Madelaine sur les machines à vapeur.

M. Chevreul rend un compte très-défavorable des nouveaux procédés proposés par M. Ratieuville, pour la teinture des laines en bleu de roi.

L'Académie a entendu ensuite : des Recherches de

M. Brisson sur la détermination des séries qui doivent représenter des fonctions données dans une partie seulement de leur étendue; un Mémoire de M. Raymond, sur la teinture des laines avec le bleu de Prusse; un Mémoire de MM. Dumas et Boullay sur la formation de l'éther sulfurique; des Recherches sur l'œuf humain, par M. Velpeau.

M. Frédéric Cuvier a rendu un compte verbal avantageux de l'ouvrage de M. le baron de Gérando intitulé : *De l'Éducation des sourds-muets de naissance.*

---

## RAPPORT *sur un Mémoire de M.* VICAT, *ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, concernant la rupture des corps solides.*

M. VICAT, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, connu depuis plusieurs années par son beau travail sur les mortiers hydrauliques, a donné lecture à l'Académie, il y a quelques mois, d'*observations physico-mathématiques sur quelques cas de rupture des solides*; nous avons été chargés d'en rendre compte, MM. de Prony, Dupin et moi (M. Girard).

Les physiciens et les géomètres qui se sont occupés de rechercher les lois de la résistance des solides, ont désigné sous le nom de *résistance absolue*, celle qu'ils opposent à une force de traction exercée parallèlement à leur longueur; et *résistance relative* celle qu'ils opposent à l'action d'une puissance qui tend à les rompre en agissant perpendiculairement à cette dimension. Ils

ont de plus considéré les solides résistans comme formés de fibres homogènes plus ou moins élastiques, appliquées les unes sur les autres.

Admettant cette hypothèse, on trouve, par les principes de statique, que la *résistance relative* d'un solide est proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, au carré de la hauteur de sa base de fracture; de nombreuses expériences ont justifié cette théorie.

Mais lorsque les corps solides, au lieu d'être formés de fibres élastiques superposées, sont composées de molécules agglutinées, ce qui les rend sensiblement inextensibles, *leur résistance relative* suit d'autres lois que M. Vicat a entrepris de déterminer.

Cette résistance cesse alors d'être proportionnelle au carré de la hauteur des bases de fracture, le coefficient constant de ce carré se transforme en un coefficient variable qui augmente avec la hauteur de ces bases, et qui diminue avec la longueur des solides mis à l'épreuve.

Cette observation a conduit M. Vicat à considérer une troisième espèce de résistance qu'il désigne sous le nom de *résistance transverse*. C'est à son influence qu'il attribue l'espèce d'anomalie que présentent, dans le cas dont il s'agit, les lois de la résistance des solides telles qu'elles ont été admises jusqu'à présent.

La *résistance transverse* d'un corps formé de molécules agglutinées, est celle qu'une de ses bases de fracture quelconque oppose à l'action d'une puissance qui s'exerce dans le plan de cette base, et qui tend à rompre le solide en le séparant, suivant ce plan, en deux parties qui glissent l'une sur l'autre.

M. Vicat a trouvé, par une suite d'expériences dont il doit rendre compte plus tard, que pour la plupart des corps cette *résistance transverse* n'est pas un multiple très-considérable de la résistance absolue : elle n'est, par exemple, que de six fois et un quart plus grande dans certaines pierres calcaires de dureté moyenne.

De l'existence incontestable d'une *résistance transverse,* M. Vicat conclut la nécessité d'en introduire l'expression dans celle de la *résistance relative* des solides formés de molécules agglutinées ; de telle sorte qu'en supposant nulle la longueur de ces solides, la valeur de leur *résistance relative* exprimée par la nouvelle formule devienne précisément égale à la valeur de leur *résistance transverse*.

Suivant M. Vicat, la formule de la *résistance relative* des corps, modifiée par la considération de leur *résistance transverse*, conserve, mais sous forme indéterminée, le coefficient du carré de la hauteur des bases de fracture que l'on regarde comme constant dans les hypothèses ordinaires. Ce coefficient variable est, comme nous l'avons déjà dit, une certaine fonction de la longueur du prisme encastré, et de la hauteur de sa base de rupture. M. Vicat assure avoir trouvé, par un grand nombre d'observations, que dans ce coefficient le rapport entre la longueur et la hauteur du solide résistant doit être représenté par celui des coordonnées d'une ligne droite.

La formule, ainsi modifiée empiriquement, établit pour le cas d'équilibre les relations existantes entre la résistance absolue, la résistance transverse, la résis-

tance relative, les dimensions du solide encastré et l'effort qui tend à produire sa rupture.

La connaissance de ces relations conduit à résoudre plusieurs problèmes importans dans les constructions, et notamment celui des *arrachemens*, qui consiste à déterminer la force capable de dégager de son encastrement dans un bloc de pierre, par exemple, une tige de fer ou de toute autre matière solide qui y serait engagée plus ou moins profondément, et à assigner le volume et la forme de la portion de ce bloc qu'elle entraînerait avec elle.

Telle est la courte analyse de la Notice de M. Vicat, qui est elle-même très-succincte, et qu'il n'a donnée que comme l'introduction d'un Mémoire qu'il se propose de présenter bientôt à l'Académie.

Galilée, Leibnitz et Mariotte, qui ont traité les premiers de la résistance des solides, les ayant supposés formés de fibres élastiques appliquées parallèlement entr'elles, ont donné des formules qui conviennent rigoureusement à cet état des corps, évidemment analogue à celui des bois, et en général à celui de toutes les substances végétales.

Mais si on suppose aux corps solides une contexture différente, c'est-à-dire, si on les regarde comme formés de molécules agglutinées, comme les pierres, et les autres substances minérales, il est évident que leur résistance doit suivre d'autres lois, qu'il est également avantageux d'assigner.

Notre savant confrère, M. Coulomb, est le premier qui se soit occupé de la détermination de ces lois dans un Mémoire qui fait partie du 7e volume de *la Collec-*

*tion des Savans étrangers.* L'un de nous s'est aussi livré, en 1809, à quelques recherches sur cette matière; enfin elle paraît s'être considérablement développée par les nouvelles observations de M. Vicat, et les conséquences qu'il en a tirées.

Le zèle et la persévérance de cet habile ingénieur n'ont pas besoin d'être encouragés ; ce qui caractérise ses travaux et ce qui les rend véritablement utiles, ce sont les soins qu'il apporte à en approfondir l'objet, et la sagacité avec laquelle il y parvient. Vos commissaires, en terminant ce rapport, ne peuvent qu'inviter M. Vicat à faire connaître le plus tôt possible l'important Mémoire qu'il annonce, et dont il n'a soumis que l'introduction à votre jugement.

Fait à l'Académie le 24 septembre 1827.

---

## SUR *un nouveau Degré d'oxidation du Sélénium.*

PAR Mr E. MITSCHERLICH.

M. NITZSCH, qui depuis long-temps prépare mes leçons et m'aide dans mes recherches scientifiques, a décomposé le séléniure de plomb en le fondant avec le nitre, dissolvant par l'eau le séléniate de potasse formé, évaporant à siccité et chauffant le résidu avec du sel ammoniac. Comme il est nécessaire d'employer un excès de nitre, il a cherché à le séparer du séléniate de potasse par la cristallisation. Après la séparation de la plus grande partie du nitre, il a obtenu des cristaux

qui avaient la forme du sulfate de potasse, se comportaient comme ce sel avec la lumière polarisée, donnaient une dissolution neutre, et ne contenaient pas d'eau, mais qui déflagraient sur les charbons comme le salpêtre, donnaient avec les sels de baryte un précipité insoluble, produisaient du chlore en les faisant bouillir avec l'acide hydro-chlorique, et ne précipitaient plus ensuite les sels de baryte; enfin, la dissolution de ces cristaux, avant le traitement par l'acide hydrochlorique, n'éprouvait aucun changement par l'acide sulfureux, et laissait, après ce traitement, précipiter du sélénium. Il résultait de ces essais que les cristaux obtenus étaient une combinaison de la potasse avec un nouvel acide du sélénium, isomorphe avec l'acide sulfurique.

M. Nitzsch a constamment partagé avec moi la fatigue de ces recherches, tant pour la préparation d'une grande quantité d'acide sélénique que pour d'autres opérations qui demandaient antant de connaissance que d'habileté : on doit par conséquent les considérer comme nous étant communes.

Le nouvel acide contenant plus d'oxigène que celui découvert par Berzelius doit être appelé *acide sélénique*, et ce dernier *acide sélénieux*.

*Préparation du nouvel acide*. On le forme facilement en fondant du nitrate de potasse ou de soude avec le sélénium, l'acide sélénieux, un séléniure métallique ou un sélénite. Comme c'est le séléniure de plomb que l'on a trouvé jusqu'ici en plus grande quantité, on l'emploie de préférence; mais il est très-difficile d'obtenir avec ce minéral l'acide sélénique

pur, parce qu'il est ordinairement accompagné de sulfures métalliques. On traite par l'acide hydro-chlorique ordinaire le séléniure tel qu'on le retire de la terre, afin de dissoudre les carbonates; le résidu, qui fait environ le tiers de la masse, est mêlé avec un poids égal de nitrate de soude, et jeté par portions dans un creuset chauffé au rouge; le plomb se change en oxide, et le sélénium en acide sélénique qui se combine avec la soude. La masse fondue est ensuite traitée par l'eau bouillante qui dissout seulement le séléniate de soude, le nitrate et le nitrite de soude, et le résidu, bien lavé, ne contient plus de sélénium. On fait bouillir promptement la dissolution; il se sépare pendant cette opération du séléniate de soude anhydre, et lorsque, ensuite, on laisse refroidir la dissolution, elle donne des cristaux de nitrate de soude. Portée de nouveau à l'ébullition, on obtient une nouvelle quantité de séléniate, et par le refroidissement du nitrate. On continue ainsi ces opérations, jusqu'à ce qu'on ait obtenu tout le séléniate de soude. Ce sel a, comme le sulfate de soude, la propriété d'avoir sa plus grande solubilité dans l'eau à la température d'environ 33°, et d'en avoir une moindre, soit au-dessus, soit au-dessous de terme. Pour le purifier complètement, on doit changer le nitrite de soude en nitrate, en lui ajoutant de l'acide nitrique. Mais comme le minéral contient des sulfures métalliques, le séléniate de soude contient aussi du sulfate de soude, qu'il n'est point possible d'en séparer par la cristallisation. Tous les essais tentés pour séparer l'acide sélénique de l'acide sulfurique ont été sans succès, par exemple, l'ébullition de l'acide sélénique contenant un

peu d'acide sulfurique avec du séléniate de baryte ou de l'hydrate de baryte. Si même on n'ajoute à du séléniate de baryte que la moitié de l'acide sulfurique nécessaire pour saturer la baryte qu'il contient, on séparera bien une grande partie d'acide sélénique; mais il contiendra toujours de l'acide sulfurique.

Le seul moyen d'obtenir une séparation complète est de réduire l'acide sélénique en sélénium. On mêle, pour cela, le séléniate de soude avec du sel ammoniac, et en chauffant le mélange on obtient du sélénium, de l'azote et de l'eau. Le sélénium ainsi obtenu est exempt de soufre; on le dissout dans l'acide nitrique en excès, et pour séparer toute trace d'acide sulfurique qu'il pourrait contenir, on ajoute à la dissolution d'acide sélénieux du chlorure de barium, qui cependant n'y cause aucun trouble. On sature alors le liquide avec du carbonate de soude exempt d'acide sulfurique; on évapore à siccité, et on fond le sélénite et le nitrate de soude que l'on obtient dans un creuset de porcelaine, sur la lampe à esprit-de-vin. Le séléniate de soude produit, étant séparé comme il a été dit plus haut, on le dissout dans l'eau, et on le fait cristalliser; il est alors parfaitement pur. Pour en séparer l'acide, on le décompose par la nitrate de plomb. Le séléniate de plomb, qui est aussi insoluble que le sulfate, étant bien lavé, est traité par un courant d'acide hydro-sulfurique qui ne décompose point l'acide sélénique. Le liquide filtré est soumis à l'ébullition pour chasser l'acide hydro-sulfurique, et on a alors l'acide sélénique pur délayé dans beaucoup d'eau. On reconnaît qu'il ne contient point de parties fixes s'il se volatilise sans résidu, et qu'il ne

renferme point d'acide sulfurique, si, bouilli avec l'acide hydro-chlorique, il ne précipite pas le chlorure de barium; enfin, s'il contenait de l'acide nitrique, on l'en séparerait par la concentration (1).

### *Composition de l'Acide sélénique et des Séléniates.*

Puisque les sels neutres de l'acide sélénique sont isomorphes avec ceux de l'acide sulfurique, la composition de l'acide sélénique et celle des séléniates doivent se conclure des lois de l'isomorphie. L'acide sélénique doit par conséquent contenir moitié plus d'oxigène que l'acide sélénieux, pour la même quantité de radical, et l'oxigène des bases doit être à celui de l'acide comme 1:3. L'expérience a donné une pleine confirmation de cette supposition.

2,6545 de séléniate de potasse qui avait été fondu ont produit 1,7655 de chlorure de potassium, représentant 1,117 de potasse, et 3,3435 de séléniate de baryte, contenant 1,5315 d'acide sélénique, puisque, à 1,117 de potasse correspondent 1,812 de baryte. D'après cette expérience, le séléniate de potasse est composé, sur 100, de:

---

(1) Si on n'avait pas parfaitement purifié le séléniate de plomb par des lavages, l'acide sélénique contiendrait un sel à base de soude. On le combinerait alors avec l'oxide de cuivre, et le séléniate de cuivre, qui cristallise aussi-bien que le sulfate, et peut être obtenu parfaitement pur, serait décomposé par l'acide hydro-sulfurique.

42,16 potasse dont l'oxigène = 7,15 ;
57,84 acide sélénique...... = 21,79 (1).

La composition de l'acide sélénique a été déterminée en se servant du séléniate de soude. Le sel rougi et fondu a été tenu en ébullition avec l'acide hydro-chlorique ; il s'est produit du chlore et de l'acide sélénieux : du chlorure de barium ajouté alors à la dissolution n'a produit aucun trouble ; ce qui prouve qu'elle ne contenait ni acide sulfurique, ni acide sélénique indécomposé. La baryte a été séparée au moyen de l'acide sulfurique, et au liquide on a ajouté du sulfite de soude.

4,880 de séléniate de soude ont ainsi produit 2,020 de sélénium métallique. Mais puisque, d'après l'analyse précédente, 100 parties d'acide sélénique saturent 72,89 de potasse, ou 48,30 de soude ; 4,880 de séléniate de soude doivent contenir 3,290 d'acide sélénique, dans lesquels l'analyse vient de faire reconnaître 2,020 de sélénium. L'acide sélénique est donc formé, sur 100 parties, de 61,40 de sélénium et de 38,60 d'oxigène.

Suivant Berzelius, l'acide sélénieux est formé de 100 de sélénium et de 40,33 d'oxigène. Par conséquent, si dans l'acide sélénique l'oxigène est à celui de l'acide sélénieux comme 3:2, il est nécessaire, en partant de ce rapport, que 100 de sélénium prennent, pour former l'acide sélénique, 60,495 d'oxigène, ou que cet acide soit formé, sur 100, de 62,32 de sélénium et de 37,68 d'oxigène.

---

(1) D'après la composition de l'acide sélénique qui sera connue plus bas.

La proportion du sélénium est ici un peu trop petite, et l'a été encore plus dans d'autres expériences, parce qu'on perd un peu de séléninm. On n'obtient la parfaite décomposition du séléniate de soude, qu'en le faisant évaporer plusieurs fois avec de l'acide hydro-chlorique, et c'est alors qu'il se volatilise un peu d'acide sélénieux. Le résultat le plus exact sur la composition de l'acide sélénique est fourni par l'analyse des séléniates, puisqu'on peut conclure de l'oxigène de la base celui de l'acide.

D'après l'analyse du séléniate de potasse, les séléniates sont composés de manière que 100 d'acide saturent une quantité de base contenant 12,56 d'oxigène.

### *Propriétés de l'Acide sélénique.*

Cet acide se présente comme un liquide incolore, qu'on peut chauffer jusqu'à 280° c. sans qu'il se décompose sensiblement; au-delà de cette température, la décomposition commence et devient rapide à 290°; on obtient de l'oxigène et de l'acide sélénieux. Chauffé jusqu'à 165°, sa densité est de 2,524; à 267, elle est de 2,60, et à 285° de 2,625; cependant il contient déjà un peu d'acide sélénieux. L'acide sélénique obtenu par le procédé décrit contient de l'eau, mais il est très-difficile d'en déterminer la proportion, parce que à 280° il commence déjà à se décomposer : un acide, qui avait été chauffé au-delà de 280°, et dont on avait soustrait la quantité d'acide sélénieux qu'il pouvait renfermer, s'est trouvé contenir 84,21 d'acide sélénique et 15,75 d'eau. Si l'oxigène de l'eau était à celui de l'acide comme

1 : 3, l'acide devrait être composé sur 100 de 87,62 d'acide sec et de 12,38 d'eau. Il est certain que l'acide sélénique se décompose avant qu'il ait abandonné les dernières portions de l'eau qui lui appartient, et il se comporte comme le ferait l'acide sulfurique s'il se décomposait à 280°, attendu que ce n'est que lorsque cet acide est parvenu à 326°, qu'il a perdu assez d'eau pour former un acide hydraté d'une composition analogue à celle des sulfates neutres.

L'acide sélénique a une grande affinité pour l'eau, et s'échauffe autant avec elle que l'acide sulfurique. Il se comporte comme ce dernier acide avec l'hydrogène sulfuré; il n'en est point décomposé, et l'on peut par conséquent se servir de l'acide hydro-sulfurique pour décomposer le séléniate de plomb ou celui de cuivre. Avec l'acide hydro-chlorique, il se comporte d'une manière particulière; en faisant bouillir le mélange, il se forme du chlore et de l'acide sélénieux; aussi peut-il dissoudre l'or et le platine comme l'eau régale. L'acide sélénique dissout le zinc et le fer avec dégagement d'hydrogène; le cuivre avec formation d'acide sélénieux : il dissout aussi l'or, mais non pas le platine. L'acide sulfureux n'agit en aucune manière sur l'acide sélénique, tandis qu'il réduit facilement l'acide sélénieux. Lorsqu'on voudra par conséquent obtenir le sélénium d'une dissolution contenant de l'acide sélénique, il sera nécessaire de commencer par la faire bouillir avec l'acide hydro-chlorique, avant d'ajouter de l'acide sulfureux.

L'acide sélénique est peu inférieur à l'acide sulfurique par son affinité pour les bases; si bien, par

exemple, que le séléniate de baryte n'est point décomposé complètement par l'acide sulfurique; aussi appartient-il à la classe des acides les plus puissans. Ses combinaisons étant isomorphes avec celles de l'acide sulfurique, et possédant les mêmes formes cristallines et les mêmes propriétés chimiques, on y rencontre tous les phénomènes que présentent les sulfates avec de très-légères mais très-intéressantes modifications.

Le grand nombre de combinaisons cristallines que forme cet acide, les différentes formes que l'on obtient par la cristallisation à des températures différentes, la netteté des cristaux qui permet de les mesurer exactement, l'isophorphie des séléniates avec les sulfates qui ont fourni avec quelques chromates les faits les plus importans pour cette théorie, m'obligent à réunir, dans une Dissertation que je publierai dans quelques mois, les formes cristallines des sulfates, des arséniates et des chromates.

(*Annalen der Physik*, *etc.* 1827.)

---

## NOTE *sur un nouveau Procédé pour préparer le Deutoxide de Barium.*

Par M. QUESNEVILLE fils.

AYANT obtenu d'une manière simple le deutoxide de barium, je crois devoir faire connaître mon procédé, parce qu'étant bien moins dispendieux que celui qu'on suit, il mettra les chimistes à même de se procurer à plus bas prix l'eau oxigénée dont l'emploi deviendrait

alors plus fréquent. Voici la méthode que je suis : je prends du nitrate de baryte, je l'introduis dans une cornue de porcelaine luttée à laquelle j'adapte un tube de Welter qui se rend sous une cloche pleine d'eau. Je chauffe alors graduellement la cornue, et je l'entretiens à une chaleur rouge tant qu'il se dégage de l'acide nitreux et du gaz azote, ce qui m'indique qu'il reste encore du nitrate de baryte à décomposer; mais du moment où le gaz oxigène passe parfaitement pur, j'ôte le feu et je laisse refroidir la cornue. Le produit de cette décomposition est un deutoxide de barium qui possède toutes les propriétés qu'on lui connaît, entre autres celles de se déliter avec l'eau sans s'échauffer, de dégager de l'oxigène lorsqu'on le fait bouillir dans ce liquide, et d'être ramené à l'état de protoxide par une forte chaleur. Je me suis aisément convaincu de sa pureté en en traitant avec de l'acide sulfurique, car aucun dégagement d'acide nitrique n'a eu lieu. L'acide nitrique pur n'a point dégagé de deutoxide d'azote. L'on voit donc, par ces expériences, qu'on peut obtenir un deutoxide de barium aussi chargé d'oxigène et aussi pur que celui qu'on se procure par l'autre procédé. Sa formation est en effet très-naturelle; le protoxide de barium, se trouvant en contact avec une grande quantité de gaz oxigène à l'état naissant, s'y combine et le retient si la chaleur n'est pas trop forte, pour l'en dégager ensuite.

---

## Manière *singulière dont se comporte l'Acide phosphorique avec l'Albumine.*

J'avais fait la remarque, dit Berzelius, dans mon Analyse des travaux scientifiques de l'année précédente, à l'occasion de recherches intéressantes d'Engelhart sur le principe colorant du sang, que, contre son assertion, l'acide phosphorique ne précipite point le blanc d'œuf, et que je n'avais pu découvrir en quoi il avait pu se tromper. Le Dr Engelhart se trouvant cet hiver à Stockholm, nous avons fait quelques essais ensemble dans mon laboratoire, et nous avons trouvé, à notre grand étonnement, que nous avions tous deux raison. Comme mon acide phosphorique ne précipitait ni l'albumine végétale ni l'albumine animale, Engelhart en a préparé une nouvelle portion en dissolvant du phosphore dans l'acide nitrique, évaporant la dissolution dans un vase de platine et chauffant jusqu'au rouge. La dissolution de cet acide dans l'eau a précipité abondamment les deux espèces d'albumine. Pour être plus sûr que l'acide nitrique n'avait ici produit aucun effet, nous avons brûlé du phosphore dans une cloche, et dissous dans l'eau l'acide qui s'était formé. Cet acide a aussi précipité l'albumine. Après plusieurs essais entrepris par Engelhart, pour découvrir la cause de cette contradiction, il a remarqué que les deux acides qui avaient précipité abondamment l'albumine, la précipitaient de moins en moins chaque jour, qu'au bout de quelques jours de dissolution ils ne la précipitaient plus du tout. Ce changement s'est opéré aussi bien dans des vases fermés que dans des

vases ouverts de verre ou de platine, et n'a pas été accéléré par l'ébullition. En faisant évaporer et rougir l'acide, il a repris de nouveau la propriété de précipiter l'albumine, et l'a perdue encore par le repos au bout d'un jour. Il nous a été impossible de découvrir la cause de ce phénomène. Il est clair que la propriété de précipiter ne dépend point d'un plus haut degré d'oxidation de l'acide qui aurait été déterminé par l'air; puisqu'elle se perd également dans des vaisseaux fermés, quoique l'acide soit concentré. N'y a-t-il pas, pourrait-on se demander, une combinaison chimique de l'acide phosphorique avec l'eau, qui ne se formerait point au moment de la dissolution, et qui n'aurait point la propriété de précipiter l'albumine?

(*Annalen der Physik*, *etc.* 1827.)

---

## Fabrique *de Brome.*

M. Balard, à qui nous devons la découverte du brome et la connaissance de ses propriétés les plus remarquables, en a établi une fabrique en grand. Les différens perfectionnemens qu'il est parvenu à introduire dans le procédé par lequel on obtient le brome, lui permettent de le livrer aujourd'hui au commerce, au prix de 4 francs le gros, 14 francs la demi-once et 23 francs l'once.

Les chimistes qui désireraient faire de nouvelles recherches sur cette substance remarquable, pourront s'en procurer au prix indiqué ci-dessus, soit à sa pharmacie, rue Argenterie, à Montpellier, soit à Paris, à la manufacture de produits chimiques de M. Quesneville, chez lequel M. Balard en a formé un dépôt.

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 763,17 | +16,2 | 80 | 762,46 | +19,2 | 69 | 761,72 | +21,1 | 59 | 762,14 | +17,2 | 60 | +21,1 | +11,5 | Quelques nuages. | E. |
| 2 | 761,82 | +18,5 | 75 | 761,48 | +21,8 | 65 | 760,90 | +23,0 | 60 | 760,28 | +18,1 | | +23,5 | +12,0 | Nuages. | E. |
| 3 | 760,96 | +17,9 | 81 | 760,32 | +21,4 | 69 | 759,75 | +23,0 | 64 | 760,35 | +16,5 | 88 | +23,0 | +12,9 | Quelq. légersnuages. | N. |
| 4 | 761,52 | +15,7 | 86 | 761,23 | +18,4 | 75 | 760,40 | +18,8 | 70 | 760,25 | +13,3 | 74 | +18,8 | +12,8 | Couvert. | N. E. |
| 5 | 760,00 | +15,5 | 75 | 759,68 | +18,5 | 68 | 758,73 | +19,8 | 65 | 759,14 | +16,0 | 68 | +20,1 | +10,0 | Beau. | N. |
| 6 | 760,13 | +16,0 | 86 | 759,90 | +20,5 | 68 | 759,36 | +21,9 | 62 | 759,98 | +18,3 | 72 | +21,9 | +11,8 | Eclaircies. | N. E. |
| 7 | 761,18 | +16,5 | 83 | 760,66 | +20,7 | 68 | 759,71 | +21,5 | 62 | 760,10 | +16,7 | 70 | +21,5 | +12,2 | Quelq. petit. éclairc. | N. E. |
| 8 | 761,24 | +16,5 | 77 | 761,72 | +18,8 | 68 | 759,88 | +20,3 | 64 | 760,16 | +16,5 | 68 | +20,5 | +12,1 | Beau. | N. N. E. |
| 9 | 759,73 | +19,7 | 75 | 759,33 | +23,4 | 60 | 758,30 | +25,2 | 53 | 758,10 | +19,5 | 68 | +25,2 | +10,2 | Nuages et vapeurs. | S. S. E. |
| 10 | 758,10 | +22,9 | 68 | 757,32 | +22,8 | 61 | 757,35 | +26,6 | 52 | 757,50 | +18,8 | 70 | +25,6 | +13,8 | Beau. | S. O. fort. |
| 11 | 756,33 | +22,7 | 68 | 754,62 | +27,0 | 58 | 753,26 | +28,7 | 51 | 753,75 | +23,2 | 60 | +28,7 | +15,2 | Beau. | S. |
| 12 | 755,53 | +17,0 | 89 | 755,50 | +20,6 | 81 | 755,20 | +19,0 | 80 | 755,96 | +16,5 | 70 | +21,5 | +16,5 | Nuageux. | S. O. |
| 13 | 756,68 | +15,6 | 90 | 757,20 | +20,5 | 69 | 757,95 | +19,5 | | 760,86 | +13,6 | 85 | +20,5 | +13,6 | Eclaircies. | O. |
| 14 | 764,13 | +16,1 | 86 | 763,80 | +18,6 | 69 | 763,40 | +19,2 | 58 | 763,87 | +15,0 | 78 | +19,3 | +9,8 | Nuages. | O. N. O. |
| 15 | 763,50 | +17,2 | 90 | 763,10 | +20,5 | 76 | 762,70 | +20,3 | 72 | 763,20 | +17,2 | 80 | +20,5 | +14,2 | Couvert. | O. N. O. |
| 16 | 762,44 | +16,8 | 90 | 761,90 | +19,8 | 83 | 761,11 | +20,0 | 80 | 761,80 | +16,5 | 89 | +20,0 | +14,5 | Couvert. | N. N. O. |
| 17 | 762,97 | +18,2 | 83 | 762,64 | +20,5 | 64 | 762,00 | +21,5 | 59 | 762,15 | +17,0 | 78 | +21,5 | +14,0 | Nuageux. | N. E. |
| 18 | 762,37 | +17,8 | 81 | 761,80 | +21,5 | 65 | 760,55 | +22,9 | 52 | 760,54 | +18,0 | 80 | +22,9 | +12,0 | Nuages. | N. E. |
| 19 | 760,54 | +14,2 | 75 | 760,10 | +15,7 | 66 | 759,90 | +14,0 | 58 | 761,20 | +10,2 | 80 | +16,2 | +9,2 | Eclaircies. | N. O. fort. |
| 20 | 754,44 | +10,0 | 88 | 751,44 | +10,8 | 89 | 749,82 | +12,0 | 89 | 753,20 | +10,3 | 90 | +12,0 | +9,5 | Pluie continuelle. | S. |
| 21 | 756,10 | +13,9 | 77 | 755,74 | +15,8 | 71 | 754,38 | +16,1 | 69 | 753,22 | +13,2 | 85 | +16,1 | +7,2 | Nuageux. | S. S O. |
| 22 | 750,26 | +16,8 | 80 | 748,80 | +18,6 | 72 | 747,30 | +18,8 | 79 | 749,75 | +11,4 | 90 | +18,9 | +11,4 | Couv., gout. d'eau. | S. |
| 23 | 750,77 | +14,0 | 89 | 750,40 | +18,5 | 72 | 750,03 | +19,0 | 66 | 750,50 | +12,7 | 89 | +19,0 | +8,5 | Nuageux. | S. S. O. tr.-fort. |
| 24 | 751,90 | +15,0 | 88 | 751,97 | +20,2 | 70 | 751,08 | +19,3 | 68 | 753,08 | +12,8 | 85 | +20,3 | +12,0 | Eclaircies. | S. S. O. |
| 25 | 752,95 | +14,5 | 86 | 751,95 | +19,1 | 80 | 750,88 | +15,2 | 85 | 749,88 | +12,5 | 90 | +19,1 | +9,2 | Eclaircies. | S. S E. |
| 26 | 748,15 | +16,8 | 88 | 747,56 | +17,3 | 90 | 745,58 | +16,5 | 90 | 744,64 | +15,5 | 90 | +17,5 | +11,5 | Petite pluie. | S E. |
| 27 | 748,54 | +17,5 | 89 | 749,06 | +21,9 | 79 | 748,63 | +20,4 | 78 | 749,55 | +15,0 | 88 | +22,2 | +14,7 | Eclaircies. | S. E |
| 28 | 752,10 | +16,0 | 85 | 751,96 | +19,3 | 79 | 751,60 | +18,0 | 74 | 751,88 | +13,2 | 86 | +19,2 | +12,5 | Nuageux. | S. S. E |
| 29 | 751,45 | +15,5 | 87 | 751,48 | +16,2 | 86 | 751,43 | +17,7 | 81 | 752,12 | +13,2 | 88 | +17,7 | +11,2 | Couvert | S. S. O. |
| 30 | 752,34 | +15,8 | 89 | 751,90 | +19,5 | 80 | 751,28 | +20,0 | 77 | 750,38 | +15,0 | 89 | +20,0 | +11,8 | Couvert. | S. |
| 1 | 760,79 | +17,5 | 79 | 760,41 | +20,5 | 67 | 759,61 | +22,1 | 61 | 759,80 | +17,1 | 65 | +22,2 | +11,9 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en centi. |
| 2 | 759,87 | +16,6 | 84 | 759,21 | +19,6 | 72 | 758,59 | +19,7 | 66 | 759,05 | +15,7 | 79 | +20,3 | +12,8 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 4 370 |
| 3 | 751,46 | +15,6 | 85 | 751,08 | +18,6 | 78 | 750,31 | +18,1 | 77 | 761,55 | +13,5 | 88 | +19,0 | +11,0 | Moyenn. du 21 au 30. | Terrasse, 4,135 |
| | 757,05 | +16,6 | 83 | 756,90 | +19,6 | 72 | 756,17 | +20,0 | 68 | 750,67 | +15,4 | 78 | +20,5 | +11,9 | Moyennes du mois, | + 16,2 |

# MÉMOIRE

## *Sur la Compression des Liquides.*

Par MM. Colladon et Sturm, de Genève.

(Ce Mémoire a remporté le prix proposé par l'Académie.)

### INTRODUCTION.

Les travaux des géomètres, en élevant la physique au rang des sciences exactes, lui ont donné une rigueur et une précision qui leur manquaient auparavant. Ils ont fait sentir toute l'importance des recherches de mesures, qui seules peuvent fournir au calcul les données nécessaires pour la détermination des phénomènes. C'est seulement ainsi qu'on pourra parvenir à vérifier la théorie par l'expérience, et à reconnaître les véritables lois de la nature.

Les recherches sur la compressibilité des liquides nous présentent cet avantage qu'elles sont comparables entr'elles et susceptibles d'un haut degré de précision, moyennant des précautions nombreuses et de bons appareils. On n'a point à lutter ici contre une complication de causes qui, ne pouvant être isolées les unes des autres, rendent certains phénomènes si difficiles à étudier. Il ne faut pas croire cependant que ces recherches soient exemptes de difficultés. La nécessité de réunir à la fois dans le même appareil une extrême

sensibilité et une force considérable occasione de nombreux accidens qui quelquefois vous forcent à recommencer un long travail. Aussi réclamerons-nous d'avance l'indulgence pour les imperfections que l'on pourra remarquer dans quelques parties de ce Mémoire. Au reste, ces imperfections ne portent que sur le nombre et nullement sur l'exactitude des résultats. Persuadés que le principal mérite d'un travail de ce genre consiste surtout dans la précision minutieuse des expériences, nous avons préféré donner des résultats moins nombreux mais plus exacts, et nous nous sommes plus occupés de vérifier les résultats que de les multiplier. Le même motif justifiera la longueur des détails dans lesquels nous sommes entrés sur les précautions que nous avons dû prendre relativement à la disposition et à l'usage de chaque partie de notre appareil. Cette description complète nous a paru nécessaire pour qu'on pût apprécier le degré de confiance que peuvent mériter nos résultats. Quant au choix des liquides, nous avons toujours opéré sur des substances aussi pures et aussi concentrées qu'il est possible de les obtenir, et nous avons donné le plus d'importance à celles dont la composition paraît assujettie à des règles fixes, et dont les proportions chimiques nous sont le mieux connues.

La mesure de la compressibilité des liquides peut en effet devenir utile pour la solution de plusieurs questions de physique et de chimie moléculaire. Mais il faut n'accorder qu'une petite place aux substances qui, ne pouvant être reproduites identiquement, donnent, à chaque épreuve, des résultats différens. C'est ainsi que des

recherches sur la dilation des huiles pouvaient être de quelque utilité, lorsqu'il était question de les employer comme liquides thermométriques; mais envisagées sous un point de vue général, ces mesures ne nous offrent qu'un intérêt très-secondaire.

Sans doute pour quelques-uns des liquides sur lesquels nous avons opéré, l'identité parfaite de composition est une chose impossible à obtenir; mais les différences qu'ils peuvent encore présenter dans leur plus grand degré de pureté ne paraissent pas pouvoir changer notablement leur compressibilité.

Quant à la seconde partie de la question concernant l'élévation de température due à la compression des liquides, la presque nullité des effets observés ne nous ayant pas permis de les mesurer, nous avons dû nous borner à constater qu'il y a des liquides pour lesquels la compression est accompagnée d'un dégagement de chaleur sensible. Nous avons également cherché à constater si la contraction résultant d'un accroissement de pression n'aurait point une influence sensible sur la conductibilité électrique; quoique cette recherche n'eût point été indiquée dans le Programme, elle nous a paru mériter d'être mentionnée comme ayant un rapport direct avec le sujet du concours.

La détermination de la vitesse du son dans les liquides est l'application la plus importante de la mesure de leur compressibilité. La formule de Newton pour la vitesse du son dans l'air ayant été étendue par M. Laplace aux corps solides et liquides dont on peut mesurer la compression, la vérification de cette formule offrait un beau sujet d'expériences, et devait servir en même temps

à constater si cette contraction était accompagnée d'une élévation sensible de température. Nous avons entrepris cette vérification en mesurant directement la vitesse du son dans l'eau, et en prenant en même temps la mesure exacte de la compressibilité de l'eau dans laquelle l'expérience avait été faite. L'accord de la vitesse que nous avions observée avec celle que l'on déduit de la formule, indépendamment de tout accroissement de chaleur, nous a confirmé la vérité de nos résultats d'expérience relativement au peu de chaleur dégagée.

Ce Mémoire sera divisé en quatre paragraphes. Dans le premier, nous donnerons les expériences relatives à la mesure de la compressibilité des liquides; le second contiendra celles qui se rapportent au dégagement du calorique dû à la compression; dans le troisième, nous rechercherons si la pression influe sur la conductibilité électrique de ces corps; enfin, dans la quatrième, nous donnerons la mesure de la vitesse du son dans l'eau douce, telle que nous l'avons observée, et nous la comparerons avec la théorie.

## § Ier.

Les premières recherches des physiciens sur la compressibilité des liquides datent de la fin du 17e siècle. A cette époque, les découvertes de Galilée et de Torricelli avaient attiré l'attention des savans sur les recherches de physique expérimentale. Mariotte avait déjà reconnu la loi de la compressibilité des gaz. Les académiciens d'El Cimento s'étaient réunis pour travailler en commun à une suite d'expériences sur les propriétés des

corps et des fluides impondérables. Jugeant avec raison que l'eau devait être compressible, puisqu'elle avait la faculté de transmettre les sons, ils firent de nombreuses tentatives pour rendre sensible sa diminution de volume. A cet effet, ils firent souffler une boule à l'extrémité d'un long tube de verre et la remplirent d'eau. Le liquide s'élevait à une petite hauteur dans le tube qui avait une échelle graduée dans cette partie. Recourbant ensuite le tube capillaire, ils soudèrent un réservoir à son autre extrémité, et le remplirent également d'eau, puis ils fermèrent complètement l'appareil. Après avoir placé la boule dans de la glace fondante, ils échauffèrent l'eau du réservoir. Cette eau en se dilatant, remplissait le tube, diminuait le volume de l'air qui s'y trouvait contenu, et produisait une compression sur le liquide renfermé dans la boule.

Il paraît quils eurent ainsi des compressions assez fortes, puisqu'ils furent obligés de remplacer la boule et le réservoir de verre par d'autres en métal pour éviter leur rupture. Ils ne purent cependant observer aucune diminution sensible de volume : résultat qui paraîtrait inexplicable si l'on ne remarquait que la distillation produite par la différence de température du réservoir et de la boule augmentait la quantité du liquide dans celle-ci à mesure que la compression devenait elle-même plus grande. Si, au lieu d'air, ils eussent employé une colonne d'huile ou d'une substance analogue pour transmettre la compression, il est hors de doute qu'ils auraient reconnu la compressibilité de l'eau.

Une autre expérience qu'ils firent avec un appareil semblable à celui de Mariotte et en employant une co-

lonne de mercure de vingt-quatre pieds de hauteur comme moyen de compression, ne leur ayant pas donné de résultat plus positif, ils remplirent entièrement d'eau une sphère creuse d'argent, et après l'avoir fermée hermétiquement, ils la soumirent à une pression violente.

Le volume de la sphère diminuant à mesure qu'elle se déformait, ils virent l'eau suinter à travers les pores de l'enveloppe métallique, et paraître en gouttes à sa surface extérieure.

Ils supposèrent, d'après ces expériences, non pas que l'eau fût incompressible, mais que sa compressibilité ne pouvait être rendue sensible par la voie de l'expérience, et cette opinion fut généralement adoptée.

En 1761, un physicien exact, John Canton, reprit cette question importante. Ayant d'abord reconnu la compressibilité de l'eau, il entreprit des expériences fort précises pour la mesurer.

Le travail de Canton ne se borna pas à l'eau seulement. Dans un second Memoire qu'il présenta bientôt après, il fit voir que plusieurs autres liquides avaient, comme l'eau, la propriété d'être compressibles. Sa méthode d'expérience, qui depuis a été perfectionnée par M. OErsted, consiste à comprimer les liquides dans des appareils semblables à des thermomètres, formés d'une boule d'une grande capacité, surmontée d'un tuyau capillaire ouvert par le haut. Pour déterminer les volumes relatifs de la boule et du tube capillaire, on les remplit séparément de mercure et l'on en prend les poids. Connaissant ainsi le rapport du volume de la boule à celui du tube cylindrique capillaire, on marque sur celui-ci

des degrés égaux ; chaque portion du tube correspondant à un de ces degrés est alors une très-petite fraction connue du volume de la boule. Si l'on comprime le liquide contenu dans ce tube capillaire, la compression se communiquera à toute la masse du liquide contenu dans l'appareil ; et s'il est réellement susceptible de contraction, on verra diminuer la hauteur de la colonne de ce liquide contenu dans le tube, et l'on pourra mesurer cette diminution de volume à l'aide de la graduation marquée sur ce tube ; mais si la compression ne s'exerçait que dans l'intérieur de cet appareil, elle dilaterait la boule et augmenterait sa capacité. Pour prévenir cet inconvénient, Canton plaçait son appareil sous un récipient, dans lequel il augmentait ou diminuait la pression atmosphérique, en ayant soin de plonger la boule dans l'eau pour éviter les changemens de température qui accompagnent la compression de l'air. L'extrémité du tuyau capillaire restant ouverte, la boule se trouvait alors également pressée en dedans et en dehors, et par conséquent ne pouvait changer de volume ; de sorte que la dépression du liquide dans le tube donnait la mesure exacte de sa condensation.

Quoique ces expériences eussent été faites avec soin, on n'y ajoutait point toute la foi qu'elles méritaient, lorsque les expériences célèbres de M. Perkins et celles encore plus exactes de M. OErsted rappelèrent l'attention des physiciens sur ce sujet intéressant. Les expériences du premier se sont étendues jusqu'à des compressions équivalentes au poids de plusieurs centaines d'atmosphères ; mais ses résultats peuvent avoir été influencés par deux causes d'erreur, la pénétration des vases mé-

talliques, dont il se servait, par l'eau qui y était renfermée, et la difficulté d'estimer au juste par sa méthode le nombre des atmosphères. Aussi les expériences de M. OErsted paraissent mériter plus de confiance, à raison des précautions qu'il a prises; mais cet habile physicien n'a opéré que sur l'eau à une même température, sans excéder une compression de six atmosphères. Il restait à essayer des compressions plus fortes, non-seulement sur l'eau, mais encore sur plusieurs autres liquides de différentes densités, à observer pour chacun d'eux l'influence de la température sur la compressibilité, et à reconnaître s'il y a de la chaleur dégagée par leur compression. Les expériences de Canton n'ayant pas été faites au-delà de trois atmosphères, n'étaient pas assez étendues pour être à l'abri des erreurs d'observation. La loi importante de la condensation des liquides proportionnelle au nombre des atmosphères comprimantes, demandait surtout à être vérifiée sur des liquides plus compressibles que l'eau, et avec des forces supérieures à celles que Canton et OErsted avaient employées. Il fallait encore avoir égard à la petite contraction qu'éprouve l'enveloppe de verre dans laquelle le liquide est comprimé.

## MÉTHODE D'EXPÉRIENCE.

L'appareil dont nous nous sommes servis pour déterminer la compressibilité des liquides se compose de deux parties distinctes, dont l'une mesure la diminution de volume du liquide soumis à une certaine pression, tandis que l'autre détermine la grandeur de cette

compression. C'est en effet de l'observation exacte et simultanée de ces deux quantités que dépend toute la précision des résultats. Pour que chacun puisse apprécier le degré de confiance que méritent nos mesures, nous croyons devoir donner d'abord la description détaillée des parties de notre appareil, et indiquer en même temps les causes d'erreur qui pouvaient influer sur les résultats.

La méthode de Canton, perfectionnée par Œrsted, est celle que nous avons adoptée pour nos expériences de compression. Elle consiste, ainsi que nous l'avons indiqué, à renfermer les liquides dans des instrumens que nous désignons, pour abréger, sous le nom de *piézomètres*, et qui sont semblables pour la forme à de gros thermomètres ouverts par le haut. Ils ont été construits de la manière suivante. Après avoir choisi sur un très-grand nombre de tubes capillaires longs d'environ un mètre, ceux qui pouvaient être regardés comme exactement cylindriques sur une longueur de deux ou trois décimètres, nous les avons divisés, au moyen d'une colonne mobile de mercure, en trois ou quatre parties égales en volume, de manière qu'une de ces divisions fût comprise dans la partie cylindrique.

Nous avons ensuite soudé à l'une de leurs extrémités un long réservoir cylindrique *rs* terminé en *s* par une pointe fine et ouvert en cet endroit. Nous avons déterminé par de petites pesées très-exactes le rapport du volume du réservoir à celui de la division cylindrique du tube capillaire. Pour cela, nous remplissions d'abord le réservoir de mercure jusqu'à la première divi-

sion du tube, puis, vidant ce mercure dans une petite coupe, nous en prenions le poids ; c'est à faciliter cette opération que servait la pointe ouverte *s* du réservoir.

Pour déterminer le volume de la division cylindrique, on introduisait d'abord dans le tube capillaire une colonne de mercure d'une longueur égale à celle de quatre divisions égales en volume. On pesait ensuite ce mercure dans une balance très-sensible. Le quart de son poids faisait connaître avec beaucoup de précision le volume de la portion cylindrique, et par conséquent on avait aussi le rapport de ce volume à celui du réservoir.

On fixait ensuite une échelle graduée en demi-millimètres à cette division ; elle se trouvait ainsi partagée en un très-grand nombre de petites parties égales en capacité, et l'on connaissait de plus le rapport de leur volume à celui du réservoir.

On remplissait le piézomètre du liquide à comprimer jusqu'à la première division cylindrique inclusivement, et l'on fermait l'extrémité *s* du réservoir qui avait servi à le remplir.

Il semble qu'il y aurait un grand avantage à augmenter beaucoup la capacité du réservoir du piézomètre ; mais il est un terme au-delà duquel la contraction totale du liquide soumis à une certaine compression dépasserait la longueur de l'échelle et celle de la portion cylindrique du tube capillaire. Il est très-rare de trouver des tubes qui puissent être considérés comme cylindriques sur une longueur de plus de 4 décimètres.

Canton et M. OErsted se sont servis d'un index de

mercure pour suivre les mouvemens de la colonne de liquide. Nous avons reconnu que ce moyen entraîne de graves inconvéniens, et nous l'avons supprimé tout-à-fait, nous contentant d'observer l'extrémité même du liquide après avoir mis un petit tube plein d'air à l'extrémité du piézomètre, de manière que le liquide qu'il renfermait ne fût jamais atteint par celui du dehors. Pour les liquides tels que l'acide sulfurique et nitrique concentrés, qui attirent l'humidité, nous avons introduit dans la colonne capillaire un petit index de carbure de soufre. Ce changement a suffi pour donner à nos expériences une régularité que nous n'avions pu obtenir auparavant. On en concevra aisément la raison, si l'on fait attention à la difficulté qu'éprouve le mercure à se mouvoir dans les tubes capillaires; en effet, si l'on introduit une goutte de mercure dans un tube capillaire de verre fixé horizontalement, une différence de pression d'un ou de deux centimètres de mercure sera souvent insuffisante pour la faire mouvoir, ou bien son mouvement se fera par secousses au lieu d'être uniforme et continu.

Quand on emploie un index de mercure, il y a donc presque toujours une différence entre la contraction observée et celle qu'éprouve le liquide du piézomètre. De plus, comme la pression intérieure n'est plus égale à la pression extérieure, les parois se déforment; et quelque faible que soit cette influence, elle suffit pour altérer les résultats d'expériences aussi délicates. Il est d'ailleurs des liquides qui divisent cet index en petits globules; et dans les compressions rapides, sa vitesse acquise lui fait dépasser le point qu'il devrait atteindre.

Il ne faut pas croire enfin que cet index empêche le liquide de s'attacher aux parois du tube.

Le piézomètre ainsi préparé, se place dans un gros cylindre de verre *CC*, fig. 2, long de 12 décimètres et fort épais, fermé à un bout, muni à l'autre d'une virole en cuivre, à laquelle se visse une pompe de compression. A côté de ce piézomètre est un thermomètre. L'extrémité fermée *C* du cylindre de verre qui contenait le réservoir et la boule du thermomètre, était renfermée dans une caisse métallique, ayant 50 décimètres cubes et pleine d'eau. Nous avons préféré l'eau à toute antre substance à cause de sa grande chaleur spécifique. Pour les expériences faites à des températures un peu élevées, nous placions cette première caisse dans une seconde plus grande, et nous remplissions de sable l'intervalle de ces deux caisses. Cet appareil présentait ainsi une masse assez considérable pour maintenir le cylindre à une température fixe pendant tout le temps nécessaire aux expériences. Le cylindre pouvait à volonté s'abaisser ou s'élever un peu du côté de la caisse, selon qu'on voulait opérer à une température inférieure ou supérieure à celle de la chambre.

Outre la variation de température, il est encore trois causes qui pouvaient altérer les indications du piézomètre, savoir, l'adhérence du liquide aux parois, la diminution de pression due au frottement de la colonne capillaire, enfin la petite quantité d'air qui reste adhérent aux parois du verre.

On remédie aux deux premières en comparant les résultats donnés par des compressions croissantes et par

des compressions décroissantes, et à la dernière en faisant bouillir le liquide dans le piézomètre et employant des compressions élevées.

1re Expérience. *Loi de la contraction des liquides par des compressions croissantes.*

Avant d'entrer dans le détail des expériences comparatives sur les différens liquides, nous avons jugé important de déterminer par une expérience préliminaire faite avec un très-grand soin, si les liquides sont assujettis à une loi générale de compression, au moyen de laquelle on puisse prévoir les résultats de l'expérience, et conclure de la mesure de la condensation obervée pour une pression d'un petit nombre d'atmosphères, celle qui serait produite par une pression quelconque.

Cette récherche exigeant beaucoup de précision dans la mesure de la pression, et surtout dans les compressions élevées, nous avons eu recours pour cette mesure à l'élévation du mercure dans un tube barométrique, formé de plusieurs parties soudées ensemble, et formant une longueur totale de 12 mètres et 3 décim. L'extrémité inférieure de cet assemblage de tubes pénétrait dans une caisse de tôle ayant un décimètre de côté et pleine de mercure. Cette caisse communiquait directement avec le cylindre contenant le piézomètre au moyen d'un tube métallique. Le piston de notre pompe de compression ayant 27 millimètres de diamètre et 625 millim. de cours, nous suffisait pour faire monter le mercure jusqu'au sommet de cette colonne, dont les tubes avaient 5 millim. de diamètre. On a eu soin de

corriger les résultats de l'abaissement du mercure dans la caisse de tôle, d'après le rapport de son diamètre à celui du tube. Le piézomètre dont nous nous sommes servis pour cette expérience, avait un tube parfaitement cylindrique sur une longueur de 47 centimètres. L'échelle qui y était adaptée, divisée en demi-millimètres, était assez nette pour qu'on pût en prendre les quarts.

L'expérience devant durer pendant un temps assez long, nous avons opéré à la température de 0°, afin d'avoir une température constante pendant toute l'expérience.

Voici les résultats que nous avons obtenus sur l'eau distillée et privée d'air par l'ébullition :

*Eau distillée à 0°.*

| Nombre des atmosphères. | Demi-millimètres sur l'échelle. | |
|---|---|---|
| | Compressions croissantes. | Décroissantes en retour. |
| 1. | 42 | 42 |
| 2. | 112 | 115 |
| 3. | 179 | |
| 4. | 248 | 250 |
| 5. | 316 | 319 |
| 6. | 381 | 384 |
| 7. | 447 | |
| 8. | 510 | 714 |
| 9. | 576 | |
| 10. | 640 | 645 |
| 11. | 704 | |
| 12. | 771 | 774 |
| 13. | 836 | |
| 14. | 900 | 902 |
| 15. | 967 | |

Les irrégularités de ces nombres nous ont paru tenir au frottement de la colonne liquide dans le tube capillaire, ainsi que le prouvent les expériences de retour, qui ont toujours donné des contractions un peu plus fortes que celles qui ont été produites par des compressions croissantes. Il est impossible, malgré toutes ces irrégularités, de ne pas reconnaître que la compres sibilité est toujours la même pour chaque accroissement d'une atmosphère. Les deux premiers nombres semblent, il est vrai, donner une contraction un peu plus forte; mais cette différence peut provenir d'une très-petite quantité d'air restée adhérente aux parois du piézomètre.

Cette expérience nous fit d'abord présumer que les liquides devaient suivre dans leurs contractions une loi analogue à celle qu'on a remarquée pour les corps solides qui s'allongent de quantités égales pour des accroissemens égaux de traction. Mais dans une expérience semblable faite sur l'éther sulfurique, il nous fut impossible de méconnaître une diminution très-sensible de contraction pour des atmosphères croissantes. Les nombres obtenus pour l'éther sulfurique s'étant trouvés les mêmes que ceux auxquels nous sommes parvenus par la méthode qui nous a servi dans nos expériences comparatives, nous en renverrons le tableau ainsi que la discussion à l'article de l'alcool et de l'éther sulfurique, afin de rapprocher ces nombres de ceux qui ont été trouvés pour les autres liquides.

*Mesure de la Contraction du verre.*

Nous avons dit que les liquides dont nous voulions mesurer la compressibilité, étaient contenus dans des appareils en verre ouverts à une extrémité, de manière que la compression se communiquait également à l'intérieur et à l'extérieur, et que tous les points de sa surface supportaient des pressions égales. Cette pression devait par conséquent contracter cette enveloppe et diminuer le volume du réservoir.

Cette conclusion suppose qu'un corps plongé dans un liquide soumis à une certaine pression, subit sur chacune de ses dimensions une contraction proportionelle à leur grandeur, et diminue de volume en conservant toujours une forme exactement semblable à sa forme primitive. Quoique ce principe n'ait pas été démontré par expérience, il n'en est pas moins certain, et l'on peut s'en convaincre en divisant par la pensée le corps en une infinité de petits cubes qui supportent tous une même pression. Soit en effet un corps solide, que pour plus de simplicité nous supposerons rectangulaire, divisé en tranches infiniment minces, perpendiculaires à sa longueur. Les deux tranches extrêmes se trouvant pressées en sens contraires, se rapprochent l'une de l'autre, et ne peuvent s'arrêter qu'autant que la réaction des secondes tranches sur ces premières est précisément égale à la pression exercée sur leurs faces extrêmes. Or, en vertu du principe d'égalité de l'action et de la réaction, les secondes tranches supportent sur leur face contiguë aux premières tranches une pression égale à celle que supportait celles-ci. Cet effet se propage ainsi

jusqu'au centre, de sorte que chaque tranche supporte une pression égale à celle qu'éprouvent les deux tranches extrêmes.

Le même raisonnement s'appliquant aux autres dimensions, on voit que le corps se trouve divisé en un grand nombre de petits cubes qui supporteront tous une pression égale sur chacune de leurs faces, et que, par conséquent, le corps comprimé conservera une forme semblable à celle qu'il avait avant la compression.

Lors donc qu'on observe l'effet de la compression sur un liquide contenu dans une enveloppe de verre, la contraction observée sur ce liquide n'est que la différence des diminutions de volume du liquide et d'un volume de verre égal au sien. Par conséquent, pour avoir la compressibilité absolue du liquide, il faut connaître exactement celle du verre et l'ajouter à la contraction observée.

La mesure des allongemens des solides par la traction des poids, est sujette à de grandes difficultés expérimentales; cette mesure ne peut pas être multipliée aussi facilement que pour les liquides; on ne peut observer que leur allongement ou raccourcissement linéaire, tandis que, pour les liquides, on observe une contraction cubique. Pour les solides, il faut donc mesurer des allongemens d'une extrême petitesse, et éviter tout changement de température, car, dans ces corps, il faut une pression moyenne de plus de 10 atmosphères pour opérer une contraction égale à celle que produirait un abaissement de température d'un seul degré. Voici la disposition que nous avons adoptée pour cette mesure. Nous avons pris une baguette

de verre parfaitement droite, longue d'un peu plus d'un mètre, et nous l'avons suspendue solidement par une de ses extrémités. A l'autre bout était attaché le fléau d'une balance qui recevait les poids destinés à produire la traction.

Un peu au-dessus de cette dernière extrémité était fixée une pointe très-fine destinée à glisser sur une division micrométrique. Afin que cette division fût toujours à une distance rigoureusement la même de l'extrémité supérieure, nous avons introduit la baguette dans un tube de verre, et nous avons soudé celui-ci à la partie supérieure de la baguette. Puis à l'extrémité inférieure de ce tube, nous avons fixé avec de la cire une petite plaque de verre, sur laquelle était un millimètre divisé en 100 parties. C'est sur cette division que glissait la pointe fixe de la baguette de verre, à mesure que cette baguette s'allongeait par la traction des poids suspendus, et nous observions, au moyen d'un fort microscope, la quantité de cet allongement. Comme la baguette et le tube étaient indépendans l'un de l'autre dans toute leur longueur à partir du point où ils étaient soudés, l'allongement de la baguette de verre ne pouvait altérer la longueur du tube. La division micrométrique se trouvait donc toujours à une distance rigoureusement la même du point de soudure. C'est cette distance qui était exactement de la longueur d'un mètre. Un écran de bois séparait l'observateur du reste de l'appareil, et prévenait l'effet du changement de température. La difficulté d'observer à la fois avec un grossissement très-fort les divisions du millimètre et l'extrémité de la pointe laissant quelque incertitude dans les résultats, nous avons

repris cette mesure en multipliant l'allongement par le moyen d'un double levier à bras très-inégaux. (*V.* la planche, fig. 2.) Ces deux leviers reposaient sur deux petites lames tranchantes, soudées au tube. Deux petits appendices latéraux, fixés à la baguette, appuyaient sur les extrémités de ces leviers, tandis que l'autre extrémité, étirée en pointe très-fine, se mouvait sur une division verticale où on l'observait à la loupe. La distance du point d'appui à l'extrémité de cette pointe étant de 4 décimètres, tandis que celle du point d'appui au point de contact du levier et de la baguette n'était que d'environ 5 millimètres, l'allongement de la baguette produisait un mouvement quatre-vingts fois plus grand à l'extrémité du levier. Nous avons mis un double levier dans deux directions opposées, pour prendre la moyenne de leurs indications, parce qu'il arrivait, dans quelques cas, que la baguette s'approchait d'un côté du tube par l'effet de la traction. Cette variation étant fort petite, la double observation corrigeait suffisamment l'erreur qui en pouvait résulter.

La moyenne des résultats obtenus par ces deux méthodes nous a donné un allongement linéaire d'environ $\frac{6}{100}$ de millimètre, pour un poids de 8 kilogrammes. Or, la section moyenne de la baguette étant de 13,3 millimètres carrés, il fallait, pour produire une traction équivalente à une atmosphère, un poids égal à celui d'un cylindre de mercure haut de 760 millimètres et ayant une base de 13,3 millim. carrés. Le poids d'un pareil cylindre est de 138,3 grammes. Par conséquent, les 8 kilog. produisaient une traction équivalente à 57 atmosphères. En divisant l'allongement

observé, savoir $\frac{6}{100}$ de millim. par 57, on trouve que pour une atmosphère, l'allongement de la baguette de verre d'un mètre de longueur est de 11 dix millionièmes ; une pression égale raccourcirait cette baguette de la même quantité. Si donc une masse de verre se trouve soumise à une pression d'une atmosphère, chacune de ses dimensions sera diminuée de ses 11 dix millionièmes ; et la diminution du volume, qui est triple de la contraction linéaire, sera de 33 dix millionièmes.

La compressibilité du verre ayant été ainsi déterminée, nous avons pu continuer nos recherches sur celle des liquides. La disposition que nous avions d'abord employée pour mesurer le nombre des atmosphères, était sujette à beaucoup de difficultés. Il arrivait de fréquens accidens occasionés par l'élévation du mercure dans cette longue suite de tubes de verre soudés les uns aux autres ; la nécessité de s'élever à la hauteur du mercure pour la mesurer, prolongeait la durée de l'expérience ; il était surtout difficile de maintenir à une température constante cette colonne de mercure placée dans un lieu exposé aux variations de température de l'air atmosphérique. La facilité doit être comptée pour beaucoup dans le choix des moyens d'expérience : en permettant de répéter plus souvent les observations, elle donne la sécurité nécessaire pour des expériences délicates.

Ayant déterminé avec soin la compressibilité de l'eau et de l'éther sulfurique, nous avions surtout en vue de faire des expériences comparables sur les différens liquides. Dans cette recherche, nous nous sommes servis d'un manomètre à air, pour mesurer la force de com-

pression ; mais nous l'avons disposé de manière que ses indications fussent toujours comparables et aussi identiques que possible.

Dans quelques expériences préliminaires, nous avions placé ce manomètre dans le cylindre horizontal. De cette manière, la compression indiquée par le manomètre était exactement égale à celle que supportait le liquide du piézomètre. Mais cette méthode est impraticable dans une longue suite d'expériences. L'intérieur du tube se mouille bientôt par l'effet de la compression, et alors son index de mercure se divise en plusieurs fragmens. De plus, comme le cylindre doit être porté à des températures très-diverses, mais seulement dans une partie de sa longueur, le manomètre aurait varié sans cesse. Il aurait fallu le raccourcir beaucoup, et alors ce moyen n'aurait plus été exact.

Pour éviter ces inconvéniens, nous avons placé le manomètre dans un second cylindre de verre à part (1), situé verticalement et communiquant au premier par un canon de fer recourbé. (*V.* la planche, fig. 1.)

La compression se transmettait ainsi à l'eau contenue dans le cylindre vertical, au mercure qui en remplissait

---

(1) Le manomètre renfermé dans ce cylindre vertical était composé de trois parties de diamètres très-différens, de manière que, même dans les hautes pressions, les atmosphères consécutives différaient de plusieurs degrés. Ainsi, par exemple, la distance des deux points, correspondans sur l'échelle à 18 et à 24 atmosphères, était divisée en 204 parties, et chacune de celles-ci étant plus grande que 2 millimètres, on pouvait en prendre facilement le quart.

la partie inférieure et sur la surface duquel reposait notre manomètre. Mais si l'on se fût borné à observer les indications de celui-ci, les pressions observées n'auraient point correspondu à celles supportées par le liquide du piézomètre, à cause de la différence de niveau du tube capillaire de ce piézomètre et de la surface du mercure que remplissait en partie le cylindre vertical. Il est vrai qu'on aurait pu en tenir compte en mesurant exactement cette différence de niveau; mais comme cette observation peut elle-même être sujette à erreur, nous avons préféré déterminer directement par l'expérience, chaque hauteur du mercure correspondante à un accroissement de pression d'un nombre déterminé d'atmosphères pour le liquide contenu dans le piézomètre.

Pour cela, nous avons mis à la place de ce piézomètre et dans le cylindre horizontal, un autre manomètre composé de trois tubes soudés et recourbés, de manière que sa longueur totale était d'environ 3 mètres. Outre cela, le dernier de ces tubes avait un diamètre moitié, en sorte que sa capacité n'était que $\frac{1}{8}$ du volume total. Après l'avoir divisé avec un soin extrême en parties proportionnelles, nous nous en sommes servis pour la graduation du manomètre vertical. Le piézomètre se trouvant ensuite dans la même position que le tube gradué, il est évident qu'en ramenant le manomètre vertical aux mêmes points, le liquide du piézomètre est comprimé par un nombre connu d'atmosphères. Cette manière directe de les mesurer avait un autre avantage, celui d'indiquer si le frottement du liquide ou quelque autre cause pouvait influer sur les compressions.

Il n'y avait plus que les variations de température de l'air contenu dans ce manomètre qui pussent avoir une influence sensible sur ses indications, et ces variations nous étaient annoncées par deux petits thermomètres logés dans le cylindre vertical. On avait toujours soin d'en tenir compte. Toutes nos expériences ont été ramenées à une température uniforme. On voit que par ce moyen nous avons pu trouver des résultats parfaitement comparables pour les différens liquides, et que, même en supposant une légère erreur dans la graduation du manomètre, cette erreur, se trouvant la même pour tous les liquides, devenait tout-à-fait sans conséquence dans la comparaison des résultats.

On pourrait croire que les variations de température causées par les changemens de volume du gaz du manomètre, devraient altérer les indications de celui-ci; mais il faut remarquer que ce manomètre se trouvant amplement environné d'eau, ses parois absorbent et transmettent immédiatement la petite quantité de chaleur dégagée par la compression, d'autant mieux que nos compressions n'étaient jamais instantanées, mais toujours assez lentes pour éviter les ruptures de la colonne du liquide dans le tube capillaire.

L'expérience nous a convaincus du peu d'influence de cette élévation de température du gaz. En effet, en faisant monter rapidement le manomètre à une certaine hauteur déterminée, en l'y maintenant exactement, et observant en même temps avec soin la contraction correspondante du liquide, si le ressort de l'air du manomètre avait éprouvé une variation sensible par un accroissement de température, nous aurions vu diminuer

la contraction du liquide, puisque l'effort nécessaire pour maintenir le mercure du manomètre à la même hauteur, aurait été moindre à mesure que l'équilibre de température se serait rétabli. Or, nous avons toujours observé un effet précisément contraire, c'est-à-dire que le liquide exige toujours un certain temps pour parvenir à son vrai point de contraction.

La condition la plus difficile à remplir dans les expériences de compressibilité se rapporte, comme nous l'avons dit, aux variations de température. En effet, pour le plus grand nombre des liquides, des compressions de 10 à 15 atmosphères ne produisent qu'une contraction à peine équivalente à celle produite par un abaissement de température d'un degré.

C'est pour avoir un tableau des compressiblités des liquides indépendant de ces variations, que nous avons pris tous nos liquides à la température de la glace fondante. Ce terme est fixe, toujours le même, et le plus facile à obtenir.

Après avoir introduit et ajusté le piézomètre dans le tube, on commence à faire une série de compressions croissantes depuis 1 jusqu'à 24 atmosphères; après quoi l'on fait une série semblable de compressions décroissantes. On trouve par ce moyen l'influence du frottement de la colonne de liquide contre les parois du tube; cet effet, sans être considérable, est cependant sensible, surtout pour des tubes d'un très-petit diamètre.

Voici le tableau des résultats obtenus pour le mercure, l'eau, l'alcool, l'éther sulfurique, le carbure de soufre, l'éther nitrique, l'acide sulfurique, l'acide nitrique, l'eau chargée d'ammoniaque, l'acide acétique,

l'éther acétique, l'essence de thérébentine, l'alcool et différentes espèces d'eaux :

*Mercure à 0°.*

| Atmosphères. | Compressions. |
|---|---|
| 1 | 242,5 |
| 3 | 246 |
| 6 | 250,8 |
| 9 | 254 |
| 12 | 257 |
| 15 | 260 |
| 18 | 263 |
| 21 | 266 |
| 24 | 269,2 |
| 30 | 275 |
| Retour. | |
| 24 | 270 |
| 20 | 266 |
| 14 | 259,6 |
| 9 | 255 |
| 2 | 245,2 |
| 1 ½ | 244 |

*Expériences sur le Mercure à 0°.*

La compressibilité du mercure devait être observée avec soin, à cause de sa grande densité. Nos expériences, poussées jusqu'à 30 atmosphères, nous ont donné des résultats très-réguliers, excepté pour les 4 ou 5 premières atmosphères. Le manomètre qui a servi pour cette série d'expériences avait été fermé (1); le baromètre étant à $0^m,706$ et le thermomètre à 9° c.

(1) Pour cette expérience, le manomètre était un tube divisé placé dans le cylindre horizontal, cette expérience

| Atmosphères. | Degrés de l'échelle. |
|---|---|
| 1 | 242,5 |
| 2 | 244,8 |
| 3 | 246 |
| 4 | 248 |
| 5 | 249,6 |
| 6 | 250,8 |
| 8 | 253 |
| 10 | 255,1 |
| 12 | 257 |
| 14 | 259 |
| 16 | 260,9 |
| 18 | 263 |
| 20 | 265 |
| 22 | 267 |
| 24 | 269,1 |
| 30 | 275 |
| Retour. | |
| 24 | 270 |
| 20 | 265,9 |
| 14 | 259,7 |
| 10 | 256 |
| 2 | 245,2 |

A partir de la 8ᵉ atmosphère, on a exactement 1 degré pour contraction moyenne du mercure, par chaque atmosphère de $0^{m},706$ à la température de 9° c. Le volume primitif contenant 622,440 de ces degrés, la

ayant été faite avant que ce manomètre eût été placé dans un cylindre vertical et séparé.

contraction est donc $\frac{1}{622440}$ du volume primitif. On en conclut que la contraction pour l'atmosphère de $0^m,76$ est égale à 1,73 millionièmes. Il n'y a point de correction à faire quant à la température du manomètre, qui était alors de 9°. En ajoutant 3,3 pour le verre, on trouve 5,03 pour la contraction réelle du mercure. Mais il est à remarquer que ces premières atmosphères même jusqu'à 7 donnent un résultat plus fort. La compressibilité est presque double pour les 3 premières atmosphères. La constance des résultats suivans poussés jusqu'à 30 atmosphères, ne permet pas d'attribuer cette différence à une diminution de compressibilité du mercure. Il est une autre cause plus probable, c'est la difficulté de purger complètement d'air une quantité de mercure aussi considérable que celle qui est contenue dans le piézomètre. Ces bulles, vu la loi de condensation des gaz, doivent influer sur les résultats de nos premières compressions; mais bientôt après leur volume est assez diminué pour que les résultats n'en soient plus altérés.

Les Expériences de Canton portées jusqu'à 3 atmosphères, lui ont donné 3 millionièmes pour la compressibilité du mercure. La même cause que nous venons de signaler avait influencé ses résultats. Nos premières compressions jusqu'à 4 ou 5 atmosphères, donnent environ 3 millionièmes. C'est une preuve manifeste de la nécessité d'employer des moyens de compression plus puissans que ceux dont ce physicien s'était servi.

*Expériences sur l'Eau distillée et privée d'air par l'ébullition, à 0°. Volume primitif = 237,300.*

Therm. du manom. à 10°

| Atmosph. de 0m,7466. | Degrés de l'échelle. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|
| 1 | 211 | 12 |
| 2 | 223 | 11 $\frac{1}{8}$ |
| 4 | 245 $\frac{1}{4}$ | 11 $\frac{3}{8}$ |
| 6 | 268 | 11 $\frac{1}{10}$ |
| 8 | 290 $\frac{1}{5}$ | 12 |
| 10 | 214 $\frac{1}{4}$ | 11 $\frac{1}{8}$ |
| 12 | 335 $\frac{1}{2}$ | 11 $\frac{1}{4}$ |
| 16 | 380 | 11 $\frac{1}{4}$ |
| 18 | 403 $\frac{1}{3}$ | 11 $\frac{1}{2}$ |
| 20 | 425,5 | 11 $\frac{1}{5}$ |
| 24 | 470,5 | 11 $\frac{1}{4}$ |

La contraction moyenne est égale à 11 $\frac{1}{4}$. En la réduisant en millionièmes pour une atmosphère de 0m 76 de mercure à 10°, on obtient 48 millionièmes.

La contraction absolue = 51, 3 millionièmes.

*Expériences sur l'Eau non privée d'air.*

Presque toutes les expériences faites jusqu'ici sur la compressibilité de l'eau ont été faites sur de l'eau privée d'air par l'ébullition. Mais l'eau pouvant à la température et à la pression ordinaire dissoudre plus de la 25e partie de son volume d'air atmosphérique, il importait de savoir qu'elle influence pouvait en résulter sur la compressibilité. Cette recherche était nécessaire

pour le calcul de la vitesse du son dans l'eau. Mais, pour cette détermination, il fallait remplir un piézomètre d'eau sans y faire de vide et sans élever la température de cette eau, et chasser cependant la couche d'air adhérente aux parois du piézomètre. Voici comment nous y sommes parvenus.

Nous avons dit que les réservoirs de nos piézomètres étaient terminés en pointe effilée. Cette pointe étant ouverte, on plonge le piézomètre dans l'eau; celle-ci s'y introduit par la pointe; on n'en laisse d'abord entrer qu'une petite quantité, et on l'y fait bouillir pour chasser tout l'air adhérent aux parois; on vide cette eau; puis, replongeant le piézomètre dans l'eau non privée d'air, il se remplit de cette eau, sans que celle-ci perde l'air qu'elle contient. On ferme ensuite à la lampe la pointe ouverte du réservoir, et la chaleur de la main suffit pour en faire sortir les bulles d'air qu'il pourrait contenir encore.

*Tableau des Contractions de l'eau non privée d'air, à 0°.*

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contraction pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 675 $\frac{1}{2}$ | | | |
| 3 | 653 | 2 | 22 $\frac{1}{2}$ | 11 $\frac{1}{4}$ |
| 4 | 642 $\frac{1}{4}$ | 1 | 10 $\frac{3}{4}$ | 10 $\frac{3}{4}$ |
| 6 | 621 $\frac{1}{2}$ | 2 | 20 $\frac{3}{4}$ | 10 $\frac{3}{8}$ |
| 8 | 599 | 2 | 22 $\frac{1}{2}$ | 11 $\frac{1}{4}$ |
| 12 | 555 | 4 | 44 | 11 |
| 18 | 489 $\frac{1}{2}$ | 6 | 65 $\frac{1}{2}$ | 10 |
| 24 | 423 | 6 | 66 $\frac{1}{2}$ | 11 $\frac{1}{12}$ |

Ce tableau nous fournit la même observation que le précédent, c'est-à-dire que les contractions sont constantes pour des accroissemens égaux de pression. Mais la valeur absolue de la compressibilité pour une atmosphère n'est plus la même qu'auparavant. Elle est moindre que pour de l'eau privée d'air, en sorte que l'eau qui contient de l'air en dissolution est moins compressible que celle qui en est privée. Nous avons aussi vérifié ce résultat à la température de $+4°$. Les rapports de compressibilité ont été les mêmes. Cette diminution de compressibilité de l'eau qui contient de l'air en dissolution, sert à confirmer ce que l'on savait déjà, c'est que cet air n'y est point contenu à l'état de simple mélange, mais qu'il y est retenu par une véritable combinaison chimique.

La différence des résultats obtenus par divers physiciens sur la compressibilité moyenne de l'eau, nous paraît provenir en partie de ce qu'ils auront opéré sur de l'eau plus ou moins bien privée d'air. Il ne suffit point, en effet, d'une seule ébullition pour dégager tout l'air contenu dans l'eau, il s'en dégage à la troisième et à la quatrième.

Avant de terminer ce que nous avions à dire sur ce liquide, nous ferons observer que Canton ayant mesuré la compressibilité de l'eau non privée d'air, dit (*Tans. Philos.* pour 1764) que sa compressibilité était la même que celle de l'eau privée d'air; sans doute les faibles compressions qu'il employait ne lui auront pas permis d'apercevoir cette différence.

Ces expériences ont été faites dans un piézomètre pour lequel le poids d'un volume de mercure remplissant le

réservoir était de 271.530 milligrammes ; le tube capillaire était divisé en quatre parties d'égales capacités, et le poids d'une colonne de mercure occupant ces 4 divisions, était de 1578,5 milligrammes. La 2$^e$ division qui était exactement cylindrique, avait 344 demi-millimètres de longueur.

En comparant le poids du réservoir avec celui des 4 divisions du tube capillaire, on trouve par le calcul que le volume du réservoir était équivalent à 236,736 des parties égales en capacité de la division cylindrique du tube capillaire correspondantes aux 344 millimètres que comprend sa longueur.

Le liquide, au commencement de l'expérience, remplissait le réservoir et une portion du tube capillaire longue de 680 millimètres. En les ajoutant au volume du réservoir que nous venons d'évaluer, on trouve que le volume primitif du liquide était égal à 237,416 des petits degrés du tube capillaire.

En comprimant le liquide, nous avons trouvé sa contraction moyenne pour chaque atmosphère égale à 11° du tube; ce qui fait $\frac{11}{237,416}$ du volume primitif, on a à très-peu près 46,4 millioniemes. Telle est la contraction observée pour une atmosphère de $0^m,7466$ de mercure, l'air du manomètre étant à la température de 10° $\frac{1}{4}$. Il faut maintenant avoir la contraction pour une atmosphère de $0^m,76$ de mercure à la température de 10°.

Le manomètre ayant été fixé à la température de 10°, chaque atmosphère se trouve augmentée par l'accroissement de température de $\frac{1}{4}$ de degré, de $\frac{\frac{1}{4}}{266}$ ou $\frac{1}{974}$. Il

faut donc diminuer la contraction observée de sa $954^e$ partie, pour avoir la contraction produite par une atmosphère à $10°$; on trouve pour celle-ci 46,35.

La contraction pour une atmosphère, à $10°$, de $0^m,7466$ de mercure, étant 46,35 millionièmes, on en conclut que la contraction produite par 1 atm. de $0^m,76$ à $10°$, est égale à environ 47,2 millionièmes du volume primitif.

Mais ce n'est là que la contraction apparente. Il faut lui ajouter, pour avoir la contraction réelle, la contraction cubique du verre que nous avons évaluée à 3,3. On obtient ainsi 49,5 millionièmes pour la condensation réelle du liquide soumis à une pression d'une atmosphère de $0^m,76$ de mercure à $10°$.

### *Expériences sur l'Alcool.*

La contraction de l'alcool n'est pas aussi facile à observer que celle de l'eau. L'adhérence de ce liquide aux parois du tube capillaire l'empêche de prendre immédiatement le volume définitif auquel il tend à parvenir, et occasione souvent des dérangemens dans l'extrémité de cette colonne. On corrige en partie cet effet, en mettant plus de temps à opérer les compressions et en maintenant le mercure du manomètre au même point, jusqu'à ce que la colonne de liquide paraisse parfaitement immobile. Mais ce n'est qu'en répétant quelquefois l'expérience pour prendre une moyenne, et surtout en corrigeant la série obtenue par des compressions croissantes en la comparant avec la série décroissante, qu'on peut parvenir à un résultat

final exact. Il importe surtout de pousser la compression assez loin pour que le nombre des atmosphères compense les erreurs qui pourraient encore se trouver dans les observations.

Voici la plus régulière de trois séries d'expériences faites sur l'alcool :

*Alcool à* 11°,6. *Volume primitif* = 152 660 *degrés du tube capillaire.*

Therm. du manom. $7^{\circ}\frac{1}{2}$.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 202 | | | |
| 3 | 235,7 | 2 | 27,7 | 13,85 |
| 6 | 275,5 | 3 | 39,8 | 13,2 |
| 12 | 355,5 | 6 | 80 | 13,6 |
| 18 | 434 | 6 | 78,5 | 13,2 |
| 24 | 511 | 6 | 77 | 12,8 |

Retour.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 24 | 511 | | | |
| 18 | 434,5 | 6 | 76,5 | 12,8 |
| 12 | 356 | 6 | 78,5 | 13,1 |
| 6 | 277 | 6 | 79 | 13,19 |
| 3 | 236 | 3 | 41 | 13,6 |
| 1 | 208,5 | 2 | 27,5 | 13,75 |

Les nombres de cette série, surtout ceux du retour qui sont réguliers, indiquent une diminution sensible

de compressibilité pour des accroissemens égaux de pression. On voit que les contractions les plus fortes sont aux contractions les plus faibles comme 138 : 128.

On trouve, en prenant des moyennes, que la contraction est 13,80 pour la 2ᵉ atmosphère, 13,40 pour la 9ᵉ et 12,75 pour la 21ᵉ. On en conclut que les contractions pour la 2ᵉ, la 9ᵉ et la 21ᵉ atmosphère sont égales respectivement à 92,87, 90,24 et 85,86 millioniémes, les atmosphères étant de $0^m,76$ de mercure et ramenées à la température de 10°. On voit par là que la compressibilité diminue d'environ $\frac{1}{30}$ pour chaque atmosphère de plus.

Pour avoir la compressibilité réelle, il faut ajouter aux contractions observées celle du verre qui est 3,3 millioniémes ; ce qui donnne 96,2, 93,5 et 89 millioniémes.

*Expériences sur l'Éther sulfurique.*

La mesure de la compressibilité de l'éther sulfurique présente quelque difficulté, parce que ce liquide adhère aux parois du tube, et qu'il ne prend pas immédiatement le volume correspondant à la pression qu'il éprouve. On remédie à ce double inconvénient en comprimant avec lenteur et retenant quelque temps le manomètre au même degré. En opérant ainsi, on trouve que pour des différences de pression égales, la contraction de l'éther sulfurique n'est pas constamment la même. On en pourra juger par le tableau suivant.

*Ether sulfurique à 0°.*

Therm. du manom. à

| Atmosph. de $0^m,7466$. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 13 | | | |
| | | 9 | 135 | 15 + |
| 12 | 148 | | | |
| | | 6 | 84 | 14 |
| 18 | 232 | | | |
| | | 6 | 80 | $13\frac{2}{3}$ |
| 24 | 312 | | | |

Volume primitif = 117 930 degrés du tube capillaire.

On voit ici que la compressibilité va en diminuant à mesure que la compression augmente. Elle est de 15 degrés de l'échelle pour les premières atmosphères, et seulement de $13\frac{2}{3}$ pour les dernières. En employant tour-à-tour ces deux valeurs extrêmes, on trouve que la contraction de l'éther pour 1 atmosphère de $0^m,76$ de mercure à 10°, lorsque les compressions vont en croissant depuis 3 jusqu'à 24 atmosphères, décroît de 130 à 118,5 millionièmes.

Il faut ajouter à ces limites la contraction du verre 3,3 pour avoir la contraction absolue du liquide. Ainsi la compressibilité réelle de l'éther sulfurique à 0°, diminue lorsque les compressions augmentent, et varie de 133 à 122 millionièmes.

*Ether sulfurique à 11°,4.*

Thermomètre du manomètre 9°.

| Atmosph. de $0^m,7466$. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 658 | | | |
| | | 2 | 59 | $29\frac{1}{2}$ |
| 3 | 599 | | | |
| | | 3 | 86 | $28\frac{2}{3}$ |
| 6 | 513 | | | |
| | | 6 | 169 | $28\frac{1}{6}$ |
| 12 | 344 | | | |
| | | 6 | 164 | $27\frac{1}{3}$ |
| 18 | 180 | | | |
| | | 6 | 162 | 27 |
| 24 | 18 | | | |

Volume primitif = 198 170 degrés du tube capillaire.

Si l'on prend $28\frac{2}{3}$ degrés de l'échelle pour la contraction qui résulte des premières atmosphères, et 27 pour celle que donnent les dernières, on trouve que la contraction pour 1 atmosphère à 10° de $0^m,76$ de mercure, lorsque les compressions vont en croissant de 3 à 24 atmosphères, décroît de 146 à 138 millionièmes.

En ajoutant à ces limites 3,3 pour la contraction du verre, on voit que la compressibilité réelle varie suivant les compressions croissantes, de 150 à 141 millionièmes.

*Eau saturée d'ammoniaque.*

La moindre compressibilité de l'eau qui contient de l'air en dissolution nous a conduits à rechercher quel serait le degré de compressibilité d'une solution d'ammoniaque, en la prenant aussi concentrée qu'il est pos-

sible de l'avoir à 20°. La densité de cette solution étant d'environ $\frac{1}{10}$ moindre que celle de l'eau pure, la diminution de compressibilité, si elle avait lieu, ne pouvait provenir d'une augmentation de pesanteur spécifique. Nous sommes parvenus à remplir de ce liquide un piézomètre sans le faire bouillir, et sans diminuer la pression intérieure, au moyen de la pointe ouverte qui terminait le réservoir en opérant comme pour l'eau non privée d'air. L'inspection du tableau suivant démontre ce fait remarquable, que l'eau saturée d'ammoniaque est moins compressible que l'eau pure.

Therm. du manom. à 10°. Volume primitif du liquide = 389360 degrés du tube capillaire.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 580 | | | |
| | | 3 | 46 | 15 $\frac{1}{3}$ |
| 4 | 534 | | | |
| | | 4 | 53 | 13 $\frac{1}{4}$ |
| 8 | 481 | | | |
| | | 2 $\frac{2}{3}$ | 38 | 14 $\frac{1}{4}$ |
| 10 $\frac{2}{3}$ | 443 | | | |
| | | 5 $\frac{1}{3}$ | 68 | 12 $\frac{3}{4}$ |
| 16 | 375 | | | |

Retour.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 378 | | | |
| | | 5 $\frac{1}{3}$ | 65 $\frac{1}{2}$ | |
| 10 $\frac{2}{3}$ | 443 $\frac{1}{2}$ | | | |
| | | 2 $\frac{2}{3}$ | 37 $\frac{1}{2}$ | |
| 8 | 481 | | | |
| | | 4 | 52 | |
| 4 | 533 | | | |
| | | 3 | 46 | |
| 1 | 579 | | | |

Ce tableau nous pésente un décroissement remarquable dans la compressibilité. Ce décroissement est ici beaucoup plus sensible que pour tout autre liquide.

Therm. du manom. à 10°.

| Atmosph. de $0^m,7466$. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 534 | | | |
| 8 | 481 | 4 | 53 | $13\frac{1}{4}$ |
| $10\frac{2}{3}$ | 444 | $2\frac{2}{3}$ | 37 | $13\frac{7}{8}$ |
| 16 | 378 | $5\frac{1}{3}$ | 66 | $12\frac{3}{8}$ |

Volume primitif = 389 360 degrés du tube capillaire.

L'accord de ces deux séries ne permet pas de soupçonner une erreur d'observation, ce liquide étant d'ailleurs un de ceux qu'il est le plus facile d'observer, parce qu'il ne se divise pas dans la colonne capillaire comme l'éther sulfurique, le carbure de soufre, etc. Nous remarquerons de plus que le piézomètre était un de ceux dont la division était le plus exactement cylindrique.

En admettant $13\frac{1}{4}$ pour la contraction moyenne produite par les premières atmosphères, on trouve que la contraction est égale à 34,7 millioniémes pour une atmosphère de $0^m,76$ de mercure à 10°; ce qui donne 38 millioniémes pour la contraction vraie.

*Ether nitrique à 0°.*

La dilatation des liquides étant en général très-grande et sujette à varier lorsqu'ils approchent de leur point d'ébul-

lition, nous aurions supposé que la contraction de l'éther nitrique dont le point d'ébullition est à 21°, aurait offert des différences sensibles pour diverses pressions. Cependant le tableau suivant ne donne qu'une diminution assez faible de compressibilité.

| Atmosph. de $0^m,7466$. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 444 $\frac{1}{2}$ | | | |
| 6 | 575 | 5 | 69 $\frac{1}{2}$ | 13 $\frac{9}{10}$ |
| 12 | 293 $\frac{3}{4}$ | 6 | 81 $\frac{1}{4}$ | 13 $\frac{1}{2}$ |
| 6 | 372 $\frac{1}{4}$ | 6 | 81 $\frac{1}{4}$ | 13 $\frac{1}{2}$ |
| 18 | 213 | 12 | 162 | 13 $\frac{1}{2}$ |
| 24 | 133 | 6 | 80 | 13 $\frac{2}{3}$ |

Therm. du manom. à 10°.

Volume primitif = 197 740 degrés du tube capillaire. La contraction moyenne est 13,5, d'où résulte 13,74 pour une atmosphère de $0^m,76$ ; ce qui fait 68,2 millionièmes pour une atmosphère à 10° de $0^m,76$ de mercure. La contraction réelle est égale à 71,5.

*Ether acétique à 0°. Volume primitif = 233 900 degrés du tube capillaire.*

Therm. manom. à 12° c.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences d'atmosph. | Différences de contraction. | Contraction pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 520 | 3 | 52 | $17\frac{1}{3}$ |
| 4 | 468 | 4 | 67 | $16\frac{3}{4}$ |
| 8 | 401 | $2\frac{2}{3}$ | $47\frac{1}{2}$ | $17\frac{3}{4}$ |
| $10\frac{2}{3}$ | $353\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{3}$ | $81\frac{1}{2}$ | $15\frac{1}{4}$ |
| 16 | 272 | | | |

Retour.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences d'atmosph. | Différences de contraction. | Contraction pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 272 | 8 | 127 | $15\frac{7}{8}$ |
| 8 | 399 | 4 | 69 | $27\frac{1}{4}$ |
| 4 | 468 | 3 | 53 | $17\frac{1}{3}$ |
| 1 | 520 | | | |

*Bis.*

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences d'atmosph. | Différences de contraction. | Contraction pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 468 | 4 | 70 | $17\frac{1}{2}$ |
| 8 | 398 | 8 | 128 | 16 |
| 16 | 270 | | | |

Quoique les nombres qui expriment les contractions de l'éther acétique à des degrés variables de pression présentent quelques différences, cependant on voit que ces erreurs se corrigent mutuellement, et l'inspection des résultats comparés à de hautes et basses pressions, in-

dique une diminution sensible de compressibilité à-peu-près dans le rapport de 17 à 15,7.

Les contractions réduites à une atmosphère à 10° de $0^{m},76$ de mercure varient de 76 à 68 millionièmes.

En y ajoutant celle du verre 3,3, on aura les contractions réelles.

*Ether hydro-chlorique à 11°,2 cent.*

Therm. des manom. à 8°.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 383 | | | |
| | | 2 | 42 | 21 |
| 3 | 341 | | | |
| | | 3 | 61 | $20\frac{1}{3}$ |
| 6 | 280 | | | |
| | | 6 | 120,5 | $20\frac{1}{12}$ |
| 12 | 159,5 | | | |

Retour.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 280 | | | |
| | | 3 | 60,5 | $20\frac{1}{6}$ |
| 3 | 340,5 | | | |
| | | 2 | 22,5 | $21\frac{1}{4}$ |
| 1 | 383 | | | |

Volume primitif = 255 340 degrés du tube.

De 1 atm. à 3 atm. la contraction est de.... $82,6^{\text{million.}}$

De 6 à 12 la contraction moyenne. $78,95^{\text{mill.}}$

En ajoutant la contraction du verre, on aura la contraction réelle du liquide, égale à 85,9 et 82,25.

*Acide acétique à 0°.*

Therm. du manom. 9°,7 c.

Atm. de $74^{c}$,66.

| Atmosph. | Degrés de l'échelle. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|
| 4 | 252 | |
| | | $9\frac{1}{4}$ |
| 8 | 289 | |
| | | $9\frac{3}{4}$ |
| $10\frac{2}{3}$ | 315 | |
| | | 9 |
| 16 | 363 | |
| | **Retour.** | |
| 16 | 364 | |
| | | 9 |
| $10\frac{2}{3}$ | 316 | |
| | | $9\frac{3}{8}$ |
| 8 | 291 | |
| | | $9\frac{1}{4}$ |
| 4 | 254 | |

Volume primitif du liquide = 239 060.

Si l'on prend $9\frac{1}{4}$ pour la contraction moyenne du liquide, on aura la contraction pour 1 atmosphère de $0^{m}$,76 de mercure à 10°, égale à 39 millionièmes ; et faisant la correction du verre, on aura 42,2 pour la compressibilité absolue.

*Acide sulfurique concentré à 0°.*

Thermom. du manom. à 8° $\frac{1}{2}$.

| Atmosph. de $0^m,7466$. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences da contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 324 | 3 | 14 | 4 $\frac{2}{3}$ |
| 4 | 310 | 4 | 17 | 4 $\frac{1}{4}$ |
| 8 | 293 | 4 | 17 | 4 $\frac{1}{4}$ |
| 12 | 276 | 4 | 17 | 4 $\frac{1}{4}$ |
| 16 | 259 | | | |

Retour.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 259 | 4 | 17 | 4 $\frac{1}{4}$ |
| 12 | 276 | 4 | 16 $\frac{1}{2}$ | 4 $\frac{1}{8}$ |
| 8 | 292 $\frac{1}{2}$ | 4 | 17 $\frac{1}{2}$ | 4 $\frac{3}{8}$ |
| 4 | 310 | 3 | 13 $\frac{1}{2}$ | 4 $\frac{1}{2}$ |
| 1 | 323 $\frac{1}{2}$ | | | |

On peut donc adopter 4 $\frac{1}{4}$ pour valeur moyenne de la contraction produite par une atmosphère de $0^m,7466$, l'air du manomètre étant à la température de 8° $\frac{1}{2}$. On déduit de là que la contraction doit être à très-peu près égale à 4,37 degrés de l'échelle, pour une atmosphère de $0^m,76$ de mercure, l'air du manomètre étant porté à la température de 10°.

Or, le volume du réservoir du piézomètre, plus celui du liquide contenu dans le tube capillaire, comprend 152 655 degrés de ce tube. Ainsi, en divisant 4,37 par 152 655, on aura la contraction de l'acide sulfurique

à 0°, égale à 28,6 millioniėmes. En lui ajoutant celle du verre 3,3, on aura sa contraction réelle égale à 32 millionièmes.

La dilatation de l'acide sulfurique de 0° à 100° est de 0,0588. Son point d'ébullution étant à plus de 300°, sa dilatation entre ces limites 0 et 100 doit être assez uniforme En la supposant toujours la même pour chaque accroissement de température d'un degré, la condensation de l'acide sulfurique pour un abaissement de température d'un degré sera 0,000 588. On voit qu'elle est équivalente à celle qui serait produite par une compression de 20 atmosphères.

*Expériences sur l'Acide nitrique.*

L'acide nitrique sur lequel nous avons opéré était parfaitement pur; mais il n'était pas très-concentré. Nous avons trouvé sa densité égale à 1,403 à 0°. Nous avons préféré le prendre à cette densité pour éviter sa décomposition trop rapide par la lumière.

Ayant en vue des expériences comparatives sur ce liquide à différentes températures, il était indispensable qu'il pût se conserver quelque temps dans le piézomètre sans s'altérer. Un autre motif de ce choix, c'est que les expériences sur la dilatation et la chaleur spécifique de ce liquide ont été faites sur de l'acide ayant ce degré de densité. Pour empêcher qu'il ne pût absorber de l'humidité, nous avons introduit dans le tube capillaire une goutte de carbure de soufre qui servait en même temps d'index.

*Acide nitrique à 0°. Densité 1,403.*

Therm. du manom. à $8^{\circ}\frac{1}{2}$.

Volume primitif du liquide = 214 960 des degrés de l'échelle.

| Atmosph. de $0^{m},7446$. | Degrés de l'échelle. | Différences de pression. | Différences de contraction. | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 607,5 | | | |
| | | 3 | 20 | $6\frac{2}{3}$ |
| 4 | 587 | | | |
| | | 4 | 27 | $6\frac{3}{4}$ |
| 8 | 560 | | | |
| | | 4 | 27 | $6\frac{3}{4}$ |
| 12 | 533 | | | |
| | | 4 | 27 | $6\frac{3}{4}$ |
| 16 | 506 | | | |
| | | 16 | 109 | $6\frac{13}{16}$ |
| 32 | 397 | | | |
| 32 | 397 | | | |
| | | 16 | $108\frac{1}{2}$ | $6\frac{3}{}$ |
| 16 | $505\frac{1}{2}$ | | | |
| | | 4 | 27 | $6\frac{3}{4}$ |
| 12 | $532\frac{1}{2}$ | | | |
| | | 4 | $26\frac{1}{2}$ | $6\frac{5}{8}$ |
| 8 | 559 | | | |
| | | 4 | 27 | $6\frac{3}{4}$ |
| 4 | 586 | | | |
| 4 | 588 | | | |
| 16 | 507 | 12 | 81 | $6\frac{3}{4}$ |
| 1 | 614 | | | |

La contraction moyenne est donc à très-peu près égale à 6,75 degrés du tube capillaire, ce qui fait 32,2 millionièmes pour la pression d'une atmosphère à 10° de $0^{m},76$.

*Essence de Térébenthine.*

Les expériences sur l'essence de térébenthine ne sont point susceptibles d'autant de précision que celles sur

les autres liquides, à cause de la viscosité qui la fait adhérer aux parois du tube, et rend la contraction apparente trop grande, en l'empêchant d'arriver immédiatement au point que son extrémité doit atteindre. Nous avons réussi à neutraliser sensiblement cet effet en fixant pendant très-long-temps le manomètre a 16,18 et 24 atmosphères, jusqu'à ce que l'extrémité de la colonne demeurât parfaitement immobile.

*Essence de Térébenthine à* 0°.

Therm. du manom. à 8° c.

Volume primitif du liquide = 255 340 des degrés de l'échelle.

| Atmosph. de 0m,7466. | Degrés de l'échelle. | Différences de contraction. | | Contractions pour 1 atmosph. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 703 | 3 | 63 | 21 |
| 4 | 640 | 4 | 70 | $17\frac{1}{2}$ |
| 8 | 570 | 4 | 68 | 17 |
| 12 | 502 | 4 | 70 | $17\frac{1}{2}$ |
| 26 | 432 | | | |

Retour.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 432 | 4 | 70 | $17\frac{1}{2}$ |
| 12 | 502 | 4 | 69 | $17\frac{1}{4}$ |
| 8 | 571 | 4 | 70 | $17\frac{1}{2}$ |
| 4 | 641 | 3 | 63 | 21 |
| 1 | 704 | | | |

En adoptant 17,33 pour contraction moyenne, on trouve 69,7 millionièmes pour la pression normale d'une atmosphère à 10° de $0^m,76$ de mercure. La contraction réelle est par conséquent égale à 73 millionièmes.

*( La fin au prochain Cahier )*

---

## Recherches *sur la Fermentation du Fromage, et sur l'Oxide caséeux et l'Acide caséique.*

Par M. Henri Braconnot,
Correspondant de l'Institut.

Personne ne contestera à Proust les immenses services qu'il a rendus à la science; mais on est forcé de convenir que ses derniers travaux n'offrent pas toujours la précision et l'exactitude qu'on devait attendre d'un aussi habile chimiste. C'est après avoir fait quelques recherches sur l'hordéine, et m'être convaincu qu'elle n'est qu'un composé d'amidon, de matière animale et de fibre ligneuse, que je me suis déterminé à répéter les expériences du même chimiste sur la fermentation du caillé.

750 grammes de fromage bien égoutté, mais non lavé, provenant du lait de vache écrémé et coagulé spontanément, ont été délayés avec environ un litre d'eau dans un bocal couvert, et on a abandonné le tout à une température de 20 à 25 degr. c. pendant un mois. Au bout de ce temps, l'odeur putride m'ayant paru moins intense qu'auparavant, voyant d'ailleurs que le

fromage avait considérablement diminué, j'ai jugé convenable de suspendre cette fermentation, au lieu de la prolonger pendant des années, comme le recommande Proust, ce qui est parfaitement inutile pour obtenir les principaux résultats qu'il a indiqués. On a jeté le tout sur une toile ; il en est sorti un liquide très-peu coloré, rougissant le papier de tournesol, ne donnant aucun indice de la présence de l'hydrogène sulfuré, ni du carbonate d'ammoniaque, mais retenant une quantité notable d'acétate d'ammoniaque.

Distillé dans une cornue de verre, ce liquide donne un produit d'une odeur excessivement fétide, adhérant tellement aux doigts qui en sont imprégnés, qu'aucun moyen ne peut les désinfecter, si ce n'est une dissolution de chlore assez concentrée. Cette odeur paraît due à une matière huileuse qui formait à la surface du produit une légère pellicule. On a fait passer le résidu de cette distillation à travers une toile, pour le séparer d'une matière blanche membraneuse, coagulée par la chaleur, qui n'était que du caséum mêlé de phosphate de chaux ; il a donné par l'évaporation des vapeurs acétiques, qui se sont renouvelées jusqu'à la fin, et on a obtenu un liquide sirupeux sur lequel on a vu se former des pellicules fragiles, et qui a fini par se concréter par le refroidissement en une masse grenue, mielleuse, roussâtre, d'une saveur amère et salée. Cette masse, délayée avec de l'alcool à 37°, a été partagée en deux matières, très-improprement appelées, la première *oxide caséeux*, et la seconde, retenue en dissolution dans l'alcool, *caséate d'ammoniaque*.

*Examen de l'Oxide caséeux.*

Bien lavé avec de l'alcool et redissous dans l'eau chaude, il donne par l'évaporation, comme le dit Proust, des encroûtemens qui s'accumulent sur les bords, et ont la légèreté de l'agaric blanc des drogueries; mais cette matière encore humide, quoique pressée fortement dans du papier gris et lavée avec un peu d'eau, n'était pas encore pure : elle avait quelque chose de gras au toucher. Ce n'est qu'après avoir été redissoute plusieurs fois dans l'eau bouillante et traitée par le charbon animal, que je suis parvenu à l'avoir du plus beau blanc. Dans cet état, elle est inodore, d'une légère amertume de viande rôtie, un peu croquante sous la dent, et se réduit facilement en poudre. Elle est spécifiquement plus pesante que l'eau. Suivant Proust, ce n'est que vers le 60° que les fragmens d'oxide caséeux commencent à se dissoudre dans l'eau; mais je me suis assuré que cette matière purifiée n'exigeait que 14 parties d'eau à la température de 22° c. pour se dissoudre entièrement. Si on abandonne cette dissolution à l'évaporation spontanée dans un verre de montre, elle cristallise en forme de ramifications dendritiques élégantes, d'un blanc mat, qui grimpent vers les bords, et imitent assez bien une broderie légère. D'autres fois elle donne naissance à une multitude d'anneaux contigus les uns aux autres, formés d'aiguilles soyeuses très-déliées; mais lorsque cette matière n'a pas reçu toute la purification dont elle est susceptible, elle produit au-dessus de la liqueur mise en

évaporation dans le verre de montre des boursoufflures zonées et mamelonnées, remplies de liquide attiré par l'action capillaire.

La dissolution aqueuse d'oxide caséeux abandonnée a elle-même, à une douce température, ne tarde point à se décomposer, du moins en partie ; bientôt la liqueur, de limpide qu'elle était, se trouble, devient laiteuse, laisse déposer des flocons blanchâtres, et exhale une odeur extrêmement putride et repoussante, analogue à celle qui serait produite par la décomposition des matières animales les plus azotées. Il est assez remarquable qu'une substance formée au sein même de la putréfaction soit elle-même si putrescible ; au reste, le produit de cette putréfaction n'a point fait fermenter le sucre.

L'infusion de noix de galle forme dans la dissolution aqueuse d'oxide caséeux purifié un précipité blanc floconneux, qui se redissout dans un excès du précipitant. Le persulfate de fer, l'hydro-chlorate de chaux, de baryte, n'y produisent aucun changement. Il en est de même de l'hydro-chlorate de platine et du sulfate d'alumine, ce qui prouve que cette matière ne contient point de sel à base d'ammoniaque. Le sous-acétate de plomb y forme un dépôt blanc. La même matière est plus soluble dans l'acide hydro-chlorique que dans l'eau ; si on évapore la liqueur, elle laisse un résidu qui se prend en masse en refroidissant, et se liquéfie de nouveau à la chaleur. L'alcool bouillant dissout fort peu d'oxide caséeux, ainsi que l'avait observé Proust ; et la liqueur, en refroidissant, abandonne une partie de la matière qui se dépose sur les parois du

vase ; recueillie sur un filtre, elle offre une poudre impalpable, très-légère et très-blanche, à peu près comme la magnésie anglaise : au reste, cette poudre, redissoute dans un peu d'eau, cristallise par l'évaporation spontanée. L'oxide caséeux, exposé au feu, brûle avec flamme sans laisser de résidu. Chauffé dans une cornue de verre, il se fond et se boursouffle à une température supérieure à celle de l'eau bouillante : en augmentant graduellement la chaleur, je n'ai point obtenu sensiblement de sublimé; mais un produit ammoniacal, qui rappelle fortement au bleu le papier rougi par le tournesol, fait une vive effervescence avec les acides et contient une quantité très-remarquable de carbonate et d'hydro-sulfate d'ammoniaque. A une plus grande chaleur, il passe une matière grasse assez abondante, ayant la consistance du suif, ce qui avait été observé par Proust ; mais ce chimiste s'est évidemment trompé, en disant que le produit de la distillation de son oxide caséeux contient si peu d'ammoniaque, qu'il faut y présenter un tube mouillé d'acide pour en faire paraître quelques vapeurs. Si, au lieu de distiller cette matière, on en place un petit fragment dans un tube ouvert par les deux bouts, et qu'on dirige dessus le dard du chalumeau, elle se sublime presqu'entièrement en ramifications étendues et très-déliées, qui se décomposent par de nouvelles impressions de la chaleur. Ce sublimé blanc, redissous dans l'eau, cristallise sous la forme de points isolés ou d'étoiles formées par une multitude d'aiguilles divergentes. Cette matière contient aussi une quantité notable de soufre ; car, frottée sur une lame d'argent exposée au feu, elle lui

communique aussitôt une couleur noire due au sulfure d'argent. Suivant Proust, l'oxide caséeux traité par l'acide nitrique fournit à peine du jaune amer et *une récolte facile* d'acide oxalique. Quant à moi, il m'a été impossible d'obtenir aucune trace de ce dernier; mais après avoir évaporé la liqueur jusqu'à consistance de miel et délayé le résidu dans un peu d'eau, il en est résulté une huile jaune fluide et un liquide jaunâtre d'une saveur amère, stiptique, duquel la chaux dégage de l'ammoniaque. Saturé par un alcali, il était à peine troublé par l'hydro-chlorate de chaux; mais le nitrate de baryte y a formé un précipité de sulfate de baryte.

N'ayant point à ma disposition tout ce qu'il conviendrait pour faire l'analyse exacte de cette substance, je ne m'en suis point occupé; mais, d'après ce que nous venons d'exposer, on voit qu'elle a tous les caractères des matières animales. Elle paraît, comme l'a supposé Proust, ne contenir que très-peu d'oxigène; par conséquent la dénomination d'oxide caséeux ne peut nullement lui convenir : comme elle semble se former toutes les fois qu'on abandonne des substances animales à la putréfaction, je propose de la nommer *aposépédine* de αποσηπεδων, résultat de la pourriture. Elle se produit aussi dans quelques affections morbifiques; du moins la matière grénue que M. Lassaigne et, après lui, M. Collard ont trouvée dans le liquide noir vomi à la suite de maladies de l'estomac, ne semble être autre chose. Il est vrai que ces chimistes l'ont rapportée à l'acide caséique, d'après les propriétés assignées à celui-ci par Proust.

*Examen de l'Acide caséique.*

La masse grénue, mielleuse, roussâtre, seulement purgée d'oxide caséeux par l'alcool, est ce que Proust appelle *caséate d'ammoniaque*. Ainsi dissous dans l'alcool et abandonné pendant environ un mois, il a laissé déposer, comme le dit le même chimiste, une liqueur sirupeuse qui, selon lui, n'est autre chose qu'un peu de gomme; mais c'est bien évidemment une matière animale, donnant du carbonate d'ammoniaque à la distillation et un précipité abondant avec l'infusion de noix de galle, et que nous aurons occasion de retrouver dans le composé assez compliqué appelé *acide caséique*.

Indépendamment de cette matière animale, on a observé sur les parois du vase dans lequel avait séjourné la liqueur alcoolique, de beaux et assez gros cristaux hexaèdres, très-aplatis, parfaitement transparens et incolores, qui m'ont d'abord paru assez remarquables: la saveur de ce sel est analogue à celle du chlorure de sodium. Redissous dans l'eau, il a donné avec le nitrate d'argent un précipité jaunâtre, entièrement soluble dans un peu d'acide nitrique. Il est aussi précipité par l'hydro-chlorate de platine. Exposé au feu, il bouillonne, se boursouffle, dégage de l'ammoniaque et laisse un verre transparent et incolore, lequel, redissous dans l'eau, rougit le papier teint en bleu par le tournesol, ne précipite plus l'hydro-chlorate de platine, et donne avec l'eau de chaux un dépôt floconneux de phosphate de chaux; d'où il résulte que le sel cristallisé dont il s'agit est du phosphate de soude ammoniacal très-pur

ou sel fusible de l'urine, qui ne provient sans doute que du sérum retenu par le fromage mis en expérience, quoique préalablement bien égoutté. Ce sel existe-t-il naturellement dans le lait? ou bien ce liquide contiendrait-il du phosphate acide de soude? C'est ce que je n'ai point encore vérifié. Au reste, M. Berzelius ne fait point mention du phosphate de soude dans l'analyse qu'il a donnée du lait. Le liquide alcoolique, séparé de la matière animale et des cristaux de phosphate de soude ammoniacal, distillé et rapproché en consistance de sirop épais, a été soumis au traitement indiqué par Proust, pour en séparer l'acide caséique, c'est-à-dire qu'après y avoir ajouté de l'eau et du carbonate de plomb, on a fait bouillir le tout; il s'est d'abord produit une effervescence due au dégagement de l'acide carbonique par l'acide acétique contenu dans la liqueur; il s'est développé ensuite de l'ammoniaque, et après une longue ébullition on a fait passer dans la liqueur filtrée, qui contenait un excès de plomb et rappelait au bleu le papier rougi par le tournesol, un courant d'hydrogène sulfuré; on a filtré encore et rapproché en consistance épaisse, et on a obtenu l'acide caséique de Proust.

Si nous passons maintenant en revue les propriétés que ce chimiste lui a attribuées, nous pourrons nous convaincre que toutes ces propriétés appartiennent à divers corps étrangers, et qu'il n'en est aucune qui puisse le faire considérer comme un acide particulier: d'abord, nous ferons observer que ce produit n'est que très-faiblement acide, mais amer et âcre, ce qui est dû à une huile d'une saveur brûlante et poivrée, dont nous

parlerons plus bas. Que ce prétendu acide produise avec le suc de noix de galle un caillé blanc fort épais, que pourra-t-on en conclure? sinon la présence de plusieurs matières animales dont Proust ne parle pas. Un autre caractère que le même chimiste assigne à son acide caséique, c'est de se congeler en une masse grenue d'un aspect mielleux. Mais quelle est la nature de cette matière concrète? C'est ce qu'on ne nous dit pas. Afin de pouvoir l'apprécier à sa juste valeur, j'ai exprimé graduellement et très-fortement, dans un nouet de toile, la masse grenue mielleuse, et il est resté une matière blanchâtre, presque sèche, assez abondante, qui a offert tous les caractères de l'aposépédine. Le liquide sirupeux jaunâtre qui s'en est écoulé en retenait encore en dissolution, comme nous le verrons. Rapproché en consistance très-épaisse, mais à une chaleur incapable de le décomposer, il a donné de l'acide acétique et un résidu d'apparence gommeuse, amer, mais point aigre; cependant y ayant soupçonné la présence de l'acide que j'ai produit autrefois, en faisant aigrir le riz, les pois, les haricots, etc., j'en ai fait redissoudre une portion dans l'eau et l'ai fait chauffer avec de l'oxide de zinc; mais la liqueur, filtrée et évaporée, n'a pu me donner le moindre indice de cristaux; d'ailleurs elle retenait encore de l'ammoniaque, ainsi que je m'en suis assuré par la potasse.

L'acide acétique libre ou faiblement retenu par des matières animales est donc le seul qui communique ses propriétés à l'acide caséique. Ce dernier, privé, comme nous l'avons dit, de la plus grande partie de l'aposépédine qu'il retenait, délayé avec de l'alcool

à 42°, s'y est presque entièrement dissous, à l'exception d'une matière d'apparence gommeuse, laquelle n'a ni âcreté ni amertume, mais un goût agréable de jus de viande. L'infusion de noix de galle a formé, dans sa dissolution aqueuse, un précipité fort abondant divisé; mais par l'addition d'un peu d'acide acétique, il devient élastique et collant. Le persulfate de fer n'a produit aucun changement. Au reste, cette matière, qui me paraît fort analogue à l'osmazome, retenait encore de l'aposépédine; car, en ayant exposé un petit fragment au chalumeau dans un tube ouvert, il s'est formé un léger sublimé blanc.

Cette matière contribue sans doute, pour sa part, à rendre les fromages savoureux et agréables; mais plusieurs autres corps remplissent aussi cet objet, quoique, par l'énoncé du Mémoire de Proust, ce chimiste ne semble avoir eu en vue qu'un seul principe qui les assaisonne. Le liquide alcoolique, séparé de la matière animale dont nous venons de parler, évaporé pour en chasser l'alcool, a été agité pendant quelque temps avec de l'éther sulfurique; celui-ci s'est à peine coloré, mais il était troublé par une matière très-blanche, pulvérulente, que l'on a séparée par le filtre : redissoute dans un peu d'eau, elle a cristallisé, par évaporation spontanée, en une multitude de petits anneaux formés par une réunion d'aiguilles extrêmement fines. Exposée en petites parcelles au feu du chalumeau dans un tube, il en est résulté un sublimé blanc, très-léger et volumineux : c'était donc encore de l'aposépédine très-pure. Le liquide éthéré, séparé de cette matière, a laissé par l'évaporation une huile jaunâtre, inodore,

très-fluide et spécifiquement plus pesante que l'eau. Mise en très-petites parcelles sur la langue, elle y développe une saveur brûlante et âcre, analogue à celle du poivre d'Inde. Elle paraît jusqu'à un certain point soluble dans l'eau, car, étant chauffée avec celle-ci, il en résulte un liquide limpide et âcre qui se trouble en refroidissant. Si la dissolution de cette huile est fort étendue, elle a une saveur amère. Cette matière possède d'ailleurs les propriétés acides, puisqu'elle rougit le papier bleu de tournesol et s'unit immédiatement aux alcalis. Proust ne parle point de cette huile âcre dans ses Recherches sur le principe qui assaisonne les fromages; cependant il est évident que c'est à elle qu'est due, au moins en partie, la saveur piquante ou le montant qui les font rechercher. N'est-ce pas en effet plutôt à cette huile qu'au carbonate d'ammoniaque qu'il faut attribuer l'âcreté de certains fromages, qu'il suffit de goûter pour en avoir, comme dit Proust, *la bouche ampoulée?* Revenons au liquide jaunâtre sur lequel l'éther ne paraissait plus avoir d'action : il était d'une amertume très-prononcée. Délayé avec de l'eau, il s'est troublé et a laissé déposer, au bout de vingt-quatre heures, une résine. Celle-ci, fondue et lavée dans l'eau chaude pour la priver autant que possible d'une matière animale qu'elle retenait, a été mise ensuite en contact avec l'alcool; elle y a passé très-facilement. Cette dissolution, qui était troublée par l'eau, a fourni par l'évaporation un résidu brun vernissé, transparent, fragile, peu sapide, très-soluble dans les alcalis, d'où il était précipité par les acides. Cette substance résineuse ne serait-elle pas due à une altération

de l'huile âcre par le contact de l'air? Je serais assez disposé à le penser, du moins l'éther bouillant, qui a montré peu de disposition à la dissoudre, en a séparé une petite quantité de matière grasse, épaisse et âcre.

Quant au liquide jaunâtre amer, séparé de la résine par l'eau, il retenait encore de l'huile âcre, de l'acétate de potasse, un peu de muriate de potasse et une matière animale abondante, soluble dans l'eau et dans l'alcool. Elle était d'ailleurs très-abondamment précipitée par l'infusion de noix de galle, sous la forme d'une masse glutineuse brune, difficile à sécher, se laissant facilement pétrir entre les doigts comme de la cire, se liquéfiant comme celle-ci dans l'eau bouillante, et pouvant se réduire facilement en poudre après le refroidissement. Cette matière animale, traitée par l'acide nitrique, a donné beaucoup de jaune amer et peu d'acide oxalique. Il résulte des expériences que nous venons de rapporter, que l'acide caséique de Proust est composé ainsi qu'il suit :

1°. Acide acétique libre ;
2°. Aposépédine ;
3°. Matière animale soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool rectifié (osmazome) ;
4°. Matière animale soluble dans l'eau et dans l'alcool ;
5°. Huile jaune, fluide, très-âcre ;
6°. Résine brune, peu sapide ;
7°. Acétate de potasse ;
8°. Muriate de potasse ;
9°. Acétate d'ammoniaque, des traces.

*Examen du Résidu insoluble du Fromage fermenté.*

Proust, étant persuadé que le beurre qui entre en plus ou moins grande quantité dans le fromage n'est point un élément nécessaire, a tout-à-fait négligé de rechercher l'état dans lequel il pouvait s'y trouver. C'est pour remplir cette lacune, que j'ai cru devoir examiner le résidu insoluble provenant des 750 grammes de fromage abandonné à la fermentation. Nous avons dit que cette masse caséeuse avait considérablement diminué dans l'espace d'un mois. Bien lavée, puis remise à fermenter dans le bocal avec de l'eau, pendant le même espace de temps et à la même température, elle a donné un nouveau produit acide, mais qui ne contenait qu'une petite quantité d'aposépédine, ainsi que des autres matières dont nous avons parlé.

Le résidu insoluble de cette seconde fermentation était très-blanc, d'un aspect nacré et dans un très-grand état de division; néanmoins il a pu être facilement lavé sur une toile et exprimé graduellement, pour expulser la plus grande quantité de l'eau qu'il retenait. Exposé à la chaleur pour chasser les dernières portions d'humidité, le tout s'est fondu en une masse de matière grasse. Elle pesait 36 grammes pour les 750 gram. de fromage abandonné à la fermentation. Comme cette matière grasse fondue paraissait troublée par quelques légers flocons qui m'ont paru de nature caséeuse, elle a été exprimée dans une toile, entre deux plaques de métal chauffées; alors elle a passé assez limpide. Refroidie, elle était plus ferme que le suif : 7 grammes de cette matière grasse, traités par l'alcool bouillant, n'ont été dissous

qu'en partie; la liqueur filtrée bouillante s'est troublée à mesure qu'elle se refroidissait. Nous y reviendrons dans un instant. La portion insoluble, restée sur le filtre, était pulvérulente et du plus beau blanc. Comprimée fortement dans du papier brouillard, elle était en masses fragiles, et pesait 2,9 grammes après sa dessication. Elle est très-douce au toucher, comme de la craie de Briançon, et comme celle-ci, donne aux corps sur lesquels on la frotte un aspect glacé. Les 2,9 grammes de cette matière, réduits en poudre, étaient tout-à-fait immiscibles à l'eau et infusibles dans ce liquide bouillant; mais après y avoir ajouté de l'acide hydrochlorique, le mélange a paru avoir lieu instantanément; et en continuant l'action de la chaleur, on a vu se former à la surface de la liqueur une couche de matière grasse, laquelle, fondue plusieurs fois dans l'eau bouillante et privée d'humidité, pesait 2,6 grammes. Elle est fusible à environ 55° c., et cristallise par le refroidissement en fines aiguilles entrelacées. Elle passe à chaud en toute proportion dans l'alcool, et cette dissolution, qui rougit le papier bleu de tournesol, cristallise en refroidissant. Cette matière, qui d'ailleurs s'unit immédiatement aux alcalis, est donc de l'acide margarique du plus beau blanc.

Le liquide provenant du traitement par l'acide hydrochlorique des 2,9 gramm. de la matière pulvérulente immiscible à l'eau, étant chauffé avec du carbonate de potasse, a donné un précipité de carbonate de chaux, lequel, lavé et desséché, pesait 0,53 gramm., équivalant à 0,3 gramm. de chaux, qui étaient unis aux 2,6 gramm. d'acide margarique, pour constituer les

2,9 grammes de margarate de chaux neutre que nous avons obtenu. Revenons à la liqueur alcoolique séparée de cette dernière combinaison.

Nous avons dit qu'elle s'était troublée en refroidissant ; elle a en effet laissé déposer une matière grasse qui avait tous les caractères de l'acide margarique. Evaporée ensuite en grande partie, cette liqueur s'est figée en masse, laquelle, délayée avec de l'alcool froid, a encore abandonné de l'acide margarique très-blanc après avoir été comprimée dans du papier gris. Les deux quantités obtenues pesaient 0,5 grammes. Le liquide alcoolique a fourni ensuite par l'évaporation une matière huileuse, rougeâtre, odorante, qui avait la consistance de l'huile d'olive à demi figée. Elle était formée pour la plus grande partie d'acide oléique, d'une petite quantité d'acide margarique et d'une matière animale brune. Ainsi, d'après cette analyse, les 36 grammes de matière grasse, résidu de la fermentation des 750 grammes de fromage obtenu du lait de vache écrémé, sont composés de :

| | |
|---|---|
| Margarate de chaux.................. | 14,92 gram. |
| Acide margarique.................. | 2,57 |
| Acide oléique retenant de l'acide margarique et une matière animale brune.......................... | 18,51 |
| | 36,00 gram. |

J'avoue que je serais assez embarrassé s'il fallait indiquer l'origine de la chaux unie à l'acide margarique. Proviendrait-elle de quelques combinaisons calcaires en-

core inconnues dans le caséum? Ce qu'il y a de certain, c'est que le gras des cadavres contient aussi, comme le gras du fromage fermenté, du margarate de chaux, et la différence qui existe entr'eux c'est que l'ammoniaque fait partie constituante du premier, et n'existe pas dans l'autre. C'est même un phénomène remarquable que la conversion complète et assez prompte du beurre contenu dans le caséum, en acides gras, par le seul secours de la fermentation et dans le sein même d'une liqueur acidule. Ce fait n'est certainement point favorable à la théorie proposée par M. Chevreul, pour expliquer le changement en gras des cadavres enfouis dans la terre, puisqu'il paraît certain que celui-ci se forme bien avant que l'ammoniaque ne soit mise en liberté et en état d'opérer la saponification de la graisse. Je rappellerai aussi que la matière albumineuse propre à toutes les graines oléagineuses, et que l'on désigne sous le nom vague et si impropre de *mucilage*, en se mêlant plus ou moins aux huiles, les dispose à rancir promptement, ou, en d'autres termes, à passer à l'état d'acides gras. On pourrait même profiter de cette propriété pour accélérer beaucoup la saponification des corps gras, en les abandonnant à la fermentation, convenablement mélangés avec des matières animales et de l'eau. Ne voit-on pas en effet quelque chose d'analogue dans quelques savonneries, où on n'emploie que de l'huile d'olive commune, non-seulement en raison de son prix moins élevé, mais aussi parce qu'ayant été pendant quelque temps avec les matières putrescibles de l'olive, elle devient susceptible de contracter avec les lessives alcalines une combinaison beaucoup plus

prompte que ne pourrait le faire l'huile vierge. Ne serait-ce pas pour parvenir à un semblable résultat que, dans d'autres cas, on entasse les olives pour qu'elles s'échauffent et fermentent, puis on les exprime ?

Nancy, le 10 octobre 1827.

---

## Sur *l'Identité du Malate acide d'althéine avec l'Asparagine.*

Par Mr A. Plisson,
Pharmacien à la Pharmacie centrale.

Dans un des Mémoires adressés à la Société de Pharmacie par Mr L. Bacon, professeur à l'Ecole de Médecine de Caen, etc., ce chimiste annonce avoir découvert un alcali végétal nouveau, qu'il nomme *althéine*, et qu'il a rencontré dans la racine de guimauve (*althæ off. malv.*), à l'état de malate acide. Les menstrues dont fait usage M. Bacon n'étant ni acides ni alcalins, l'opération ne traînant pas en longueur et s'effectuant à une température qui ne dépasse point celle de l'eau bouillante, on ne peut supposer une transmutation dans un ou plusieurs des principes de la racine explorée. Par là, la préexistence des alcalis organiques, qui jusqu'à cette époque était restée indécise, devenait irréfragable. M. Henry, chef de la Pharmacie centrale, sentant toute l'importance que pourrait avoir une telle découverte, mais ne trouvant pas suffisantes les preuves apportées par l'auteur, a bien voulu me commettre le soin de la

vérifier d'une manière rigoureuse. J'ai fait tous mes efforts pour répondre à cette confiance, et voici un abrégé du travail que j'ai entrepris à cet égard :

*Procédé pour obtenir le Malate acide d'althéine de M. Bacon.*

J'ai suivi à peu près le procédé de M. Bacon, et j'ai constamment réussi en me servant de l'alcool à 32°. J'observerai seulement que les cristaux que j'ai obtenus sous forme de prismes droits rhomboïdaux étaient incolores ; d'où il suit que la couleur d'un *vert d'émeraude magnifique,* assignée à ces cristaux par M. Bacon, leur est tout-à-fait étrangère.

*Extraction de l'Althéine de M. Bacon.*

J'ai suivi le procédé décrit par M. Bacon ; seulement j'ai agi à chaud. Par une évaporation lente de la colature, j'ai obtenu deux substances bien différentes : l'une était blanche, opaque, amorphe ; l'autre était verte, transparente et sous forme de prismes à 6 pans. (C'est l'althéine de M. Bacon ; j'avais pris pour cette opération des cristaux un peu jaunâtres.) Comme la substance amorphe n'avait pas été annoncée par M. Bacon, et qu'elle verdissait fortement le sirop de violette, je l'ai supposée un instant d'une nature particulière, et il m'avait semblé possible que la racine de guimauve, à l'instar de l'écorce du Pérou et de la semence du vomiquier, contînt deux alcalis, dont l'un plus facilement cristallisable que l'autre. Mais en lavant bien exactement à l'eau froide l'althéine de M. Bacon (c'est-à-dire les cristaux verts, etc.), j'ai vu qu'elle

perdait la propriété de verdir le sirop de violettes, et qu'elle pouvait même, mais à chaud seulement, rougir la teinture de tournesol. J'ai pu aussi, par la seule puissance de la cristallisation, enlever complètement la couleur verte de ces cristaux sans leur faire perdre la forme de prismes à 6 pans. Dans d'autres expériences, les cristaux décolorés ont pris, tantôt la forme de l'octaèdre rectangulaire, tantôt celle du prisme droit rhomboïdal. Dans tous les cas, ces cristaux, traités par la magnésie caustique, s'étant toujours convertis, à l'aide de la chaleur, en matière amorphe ci-dessus, j'en ai conclu que l'althéine de M. Bacon n'était autre chose que son malate coloré, et recouvert encore d'un peu de la matière alcaline que je viens d'indiquer, et qui me semblait devoir être regardée, à plus juste titre, comme l'alcali de la guimauve.

Avant de passer à l'examen des constituans du sel, il m'a paru méthodique de m'assurer des faits suivans : Calciné dans un petit creuset, le malate répand des vapeurs ammoniacales très-vives, et le creuset ne retient plus rien de pondérable dans une balance sensible à $\frac{1}{2}$ milligramme. Cela constaté, j'ai cherché à m'assurer si cette ammoniaque n'en faisait point partie. Pour cela, j'ai eu recours aux solutions concentrées de potasse à l'alcool, à la chaux vive, à la magnésie caustique; mais tous ces réactifs m'ayant laissé quelque doute, je me suis occupé à en trouver un qui me paraissait devoir être de quelque utilité, s'il pouvait faire reconnaître, sans donner lieu à aucune méprise, quand l'azote est en tout ou en partie à l'état d'ammoniaque. Dans cette intention, j'ai songé à l'emploi de l'hydrate

de plomb, qui fut essayé sur un sel ammoniacal à la surface duquel il occasiona d'abondantes vapeurs, au moyen de l'acide acétique mis à distance; accident qui ne se produisit pas avec les cristaux de M. Bacon. J'ai cru devoir signaler cet hydrate comme propre à remplir le but que je me proposais. J'appuierai encore l'usage de ce réactif sur ce qu'ayant fait choix d'une substance animale dont les élémens se dissocient avec une facilité extrême (l'urée), cette substance n'a donné lieu à aucun indice d'ammoniaque.

Ces préliminaires finis, j'ai cherché à m'assurer si la matière alcaline que j'avais obtenue était véritablement une espèce nouvelle, et je me suis proposé aussi d'isoler l'acide malique.

1°. J'ai tâché, par de lentes évaporations, de faire prendre une forme régulière à la matière alcaline; mais je n'ai pu, par ce moyen, que parvenir à en séparer une nouvelle quantité de petits prismes à 6 pans, et il m'est resté une substance transparente, amorphe, jouissant des propriétés de la matière alcaline, opaque. Par l'incinération de la substance transparente, j'ai retiré à peu près le $\frac{1}{9}$ de son poids d'une poudre blanche qui était de la magnésie. J'ai essayé en vain de séparer celle-ci de la substance non calcinée, en me servant d'alcool. N'ayant pas été plus heureux dans d'autres tentatives, j'ai soumis à l'action de réactifs appropriés une solution bien pure des prétendus malates d'althéine, et ces réactifs ayant été tous négatifs, je n'ai plus admis dès ce moment l'acide malique dans le sel de M. Bacon. Cependant, au commencement de mes recherches, j'avais cru assez volontiers que j'avais affaire à un ma-

late, et cela parce que, en traitant la substance cristallisée de la guimauve par l'hydrate de plomb, j'avais obtenu une trop faible quantité d'un acide qui m'avait offert un assez grand nombre des propriétés de l'acide malique : ce qui avait peut-être encore plus contribué à me faire adopter cette opinion, c'est qu'en saturant par de l'acide malique retiré du malate de plomb la matière alcaline, opaque (dont je n'avais pas encore su séparer une nouvelle quantité de cristaux par le seul acte d'une lente cristallisation), j'avais reproduit le prétendu malate d'althéine. Mais par le progrès de mon travail ne pouvant bientôt plus conserver les idées de M. Bacon, j'ai cherché à obtenir une seconde fois l'acide malique. En répétant le procédé que j'avais déjà suivi, j'ai reconnu que pendant l'opération il se dégageait de l'ammoniaque. Ce phénomène, que je n'avais pas encore remarqué, a été pour moi l'explication de mon erreur, et j'ai vu bientôt que l'acide que j'obtenais ne faisait pas partie des cristaux sur lesquels j'ai fait mes essais ; qu'il était d'une nature particulière, et que je le formais en combinant dans un autre ordre les élémens de ces cristaux. Voici le procédé pour obtenir cet acide pur :

On traite à chaud 1 partie du sel de M. Bacon dissous dans l'eau par de l'hydrate de plomb pur, représentant 4 parties d'oxide sec. On fait bouillir jusqu'à ce que la liqueur distillée ne contienne plus de traces d'ammoniaque au témoignage de l'acide acétique. L'opération est très-longue. Ces conditions remplies, on filtre, on lave la poudre blanche, on la décompose par un excès de gaz hydrogène sulfuré, lavé à l'eau de

baryte, et on obtient, par l'évaporation de la liqueur séparée du sulfure de plomb, un acide qui, purifié par trois cristallisations dans l'alcool à 20°, possède les propriétés suivantes :

Il est sous forme de petites plaques brillantes et assez semblables à celles de l'acide borique brisé ; il a peu de saveur ; il est peu soluble dans l'eau froide, moins soluble dans l'alcool. La solution aqueuse de cet acide rougit le tournesol et ne précipite pas

Les acétates de plomb,
Le nitrate d'argent,
Le muriate de baryte,
Le muriate de chaux,
Le sulfate de magnésie,
Les sels de fer au *maximum* et au *minimum*,
Le sulfate de cuivre,
Le sublimé corrosif,
Le sulfate de protoxide de manganèse,
L'émétique.

Il trouble légèrement l'eau de savon ; il décompose à froid le carbonate saturé de potasse ; mais il n'attaque pas le sous-carbonate, même en chauffant : une petite quantité de cet acide jetée au feu se boursouffle considérablement, répand une légère odeur de matière animale en combustion ; aussi la vapeur qui s'exhale ramène au bleu le tournesol rougi : cet acide sature très-bien les bases ; il forme avec la magnésie un sel très-soluble, incristallisable, très-alcalin et jouissant de toutes les propriétés que nous avons reconnues à cette substance alcaline transparente. Prévenu par M. Bacon que j'agissais sur un malate, il m'avait été difficile de

ne pas confondre le nouvel acide impur avec le malique, dont il avait alors les principales propriétés.

Connaissant beaucoup mieux la substance annoncee par M. Bacon, je l'ai mise en parallèle avec celles dont l'histoire nous est connue, et particulièrement avec l'asparagine, principe immédiat que nous devons aux savantes recherches de MM. Vauquelin et Robiquet. Ces deux substances ont de commun les propriétés négatives des réactifs, et de plus, de grands rapports de cristallisation. En effet, M. Haüy a reconnu que les cristaux de l'asparagine dérivaient du prisme droit rhomboïdal, forme sous laquelle j'ai obtenu le corps que j'étudiais. M. Henry ayant mis à ma disposition de l'asparagine, je me suis empressé de continuer l'examen comparatif, et j'ai reconnu que l'asparagine avait la même solubilité, la même facilité à cristalliser que la substance de M. Bacon; qu'elle présentait les mêmes phénomènes à l'action du feu; qu'elle agissait de la même manière sur le tournesol, et que la magnésie la convertissait également en substance alcaline.

Les cristaux d'asparagine offraient, à la première vue, des octaèdres rectangulaires; mais, en les examinant avec plus d'attention, on reconnaissait :

1°. Que les faces séparées par chaque grand côté du rectangle formant arête, étaient de grandeur différente et dissemblable;

2°. Que seulement sur l'une des grandes faces on observait une concavité ressemblant parfois à une cassure écailleuse;

3°. Que les sommets de l'octaèdre étaient culminans dans le sens des petits côtés du rectangle; de sorte que

si les arêtes formées par les grands côtés du rectangle se fussent convenablement abaissées par des décroissemens, on aurait obtenu le prisme droit rhomboïdal ;

4°. On observait encore que les arêtes formées par les deux petits côtés du rectangle n'étaient pas tout-à-fait des arêtes, puisqu'elles offraient une petite surface, de sorte qu'en donnant à ces petites facettes un plus grand accroissement, on aurait eu un prisme à 6 pans, forme sous laquelle j'ai obtenn des cristaux d'asparagine ;

5°. Quant aux sommets des prismes, le nombre de leurs facettes m'a paru variable.

Maintenant, si j'examine l'octaèdre rectangulaire que m'a fourni le sel de M. Bacon, je remarque :

1°. Que les sommets de cet octaèdre sont culminans dans le sens des grands côtés du rectangle ; de sorte que, si les arêtes formées par les deux petits côtés se fussent convenablement abaissées par des décroissemens, on aurait eu aussi le prisme droit rhomboïdal, qui est la forme la plus habituelle de cette substance ;

2°. Que sur l'une des grandes faces il se trouve également une concavité ayant la même apparence que celle que nous avons aperçue sur les cristaux d'asparagine ;

3°. Que les arêtes formées par les grands côtés du rectangle ne sont pas non plus de véritables arêtes, puisqu'elles offrent une petite surface, de sorte qu'en donnant plus d'accroissement à ces petites facettes, on obtiendrait encore ici un prisme à 6 pans, forme sous laquelle j'ai obtenu beaucoup de cristaux ;

4°. Que les sommets de ces prismes à 6 pans sont variables.

Si on observe enfin que l'on passe à l'octaèdre rectangulaire par des décroissemens convenables sur les quatre angles solides obtus du prisme droit rhomboïdal, ne verra-t-on pas l'origine commune des deux octaèdres dont je viens de parler, et dont il serait facile d'expliquer les différences ? Comme l'explication serait un peu longue, je la passerai sous silence. Ces rapprochemens cristallographiques et cette analogie de propriétés chimiques me font considérer ces deux substances comme identiques : peut-être même la matière cristalline de la réglisse, découverte par M. Robiquet, est-elle de même nature, puisque M. Haüy a reconnu que sa forme était l'octaèdre rectangulaire, dont les deux arêtes les plus courtes sont remplacées par des facettes.

## *Récapitulation.*

1°. La couleur verte magnifique du malate acide d'althéine de M. Bacon lui est tout-à-fait étrangère.

2°. L'althéine du même chimiste n'est autre chose que le malate ci-dessus, accompagné de la matière alcaline que j'avais soupçonnée pouvoir être la nouvelle base végétale.

3°. Le malate acide d'althéine n'est point un sel ; c'est une substance azotée particulière, qui jouit des propriétés de l'asparagine.

4°. Traitée par l'hydrate de plomb, cette substance azotée, que je considère comme étant de l'asparagine, donne lieu principalement à de l'ammoniaque et à un acide nouveau que l'on pourrait nommer *aspartique* (*asparagus ars*).

5°. La magnésie est susceptible de produire le même résultat que l'hydrate de plomb, et le sel qu'elle forme avec l'acide asparartique (asparartate de magnésie), jouit des propriétés de la matière alcaline transparente.

6°. Enfin, cette substance particulière ou asparagine de la guimauve est susceptible de prendre plusieurs formes par la cristallisation, qui sont : le prisme droit rhomboïdal, l'octaèdre rectangulaire avec différentes modifications et le prisme à 6 pans.

Depuis la lecture de ce Mémoire à l'Académie, j'ai, dans des recherches qui me sont communes avec M. Blondeau, rencontré l'aparagine dans la racine de grande consoude (*symphytum off.* Borrag); de sorte que l'asparagine est maintenant reconnue exister dans trois plantes appartenant à des familles bien différentes.

---

## Analyse *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 3 *septembre* 1827.

Le Ministre de l'Intérieur transmet l'Ordonnance du Roi par laquelle la nomination de M. Young est approuvée.

M. Deygalières adresse deux Oservations de maladies scrophuleuses guéries d'après les principes de sa nouvelle méthode.

M. Tournal fils, de Narbonne, annonce avoir découvert, près de cette ville, des cavernes à ossemens.

M. Lalanne, professeur à la Flèche, présente un instrument qu'il nomme *sécateur perspectif*.

M. Perkins lit un Mémoire sur de nouvelles machines à haute pression.

M. Dumeril rend compte des Recherches de M. Velpeau sur l'œuf humain.

M. Chevreul, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable sur les Mémoires de M. Sérullas que nous avons dernièrement imprimés.

M. Blainville commence la lecture d'un Rapport sur le travail de M. Jacobson relatif à la reproduction des bivalves.

M. Parseval présente un Mémoire sur l'intégration des équations linéaires aux différences ordinaires et aux différences partielles.

M. Cauchy lit un Mémoire sur la détermination du reste de la série de Lagrange; il y détermine aussi les conditions de convergence.

*Séance du lundi* 10 *septembre*.

M. Rambur, médecin du département d'Indre-et-Loire, envoie la Description d'un enfant monstrueux qui présente deux corps avec une seule tête.

M. Blainville annonce, dans une communication verbale, qu'ayant eu l'occasion d'examiner l'organisation d'une espèce de térébratules, il s'est assuré que ces animaux n'ont presque rien de l'organisation des véritables Brachiopodes ou Palliobranches; qu'ils se rapprochent beaucoup plus des Bivalves ordinaires ou Lamellibranches, et qu'ils devront former un ordre distinct, intermédiaire entre ces deux ordres.

M. Navier lit le rapport sur le Mémoire de M. Clément, qui a paru dans le Cahier précédent.

MM. Julia Fontenelle et Poisson lisent une Notice sur un nouveau papier fait avec la réglisse.

M. Boisduval lit un Essai sur une monographie de la tribu des Zynéides.

*Séance du lundi 17 septembre.*

M. Raspail annonce avoir découvert dans les tiges souterraines du typha, une fécule qui a des caractères très-particuliers, et dont il donne la description; M. Milne Edwards dépose un paquet cacheté; M. Granier, ancien maire de Treffort, envoie le modèle d'une nouvelle machine de son invention; M. Haldat adresse deux Mémoires, l'un sur la diffraction, et l'autre sur le magnétisme en mouvement.

L'Académie a entendu dans cette séance : un Mémoire de M. Brisson intitulé : *Essai d'un système général de navigation intérieure de la France*; un second Mémoire de M. Cauchy sur l'application du calcul des résidus, aux questions de physique-mathématique; des Recherches de M. Robineau Desvoidy sur l'organisation vertébrale des animaux des classes inférieures; et un Mémoire de M. Becquerel sur les actions magnétiques excitées dans tous les corps par l'influence d'un aimant très-énergique.

*Séance du lundi 24 septembre.*

M. Gendrin, docteur en médecine, adresse des Recherches sur la chaleur des eaux thermales; M. Fo-

zembas de Bordeaux envoie un Mémoire sur les moyens d'établir des paratonnerres à peu de frais ; M. Tournal écrit une seconde lettre sur les cavernes à ossemens qu'il a découvertes.

M. Raspail lit un Mémoire sur l'alcyonelle des étangs.

M. Girard, au nom d'une Commission, rend un compte favorable d'un nouveau Mémoire de M. Vicat. (Ce Rapport a déjà paru dans le précédent Cahier.)

M. Dugez lit un Mémoire sur une conformation monstrueuse du cœur dans un enfant nouveau né.

M. Chevreul rend un compte détaillé du nouveau travail de MM. Robiquet et Collin, concernant les substances colorantes de la garance. (Nous ferons connaître plus tard ce Rapport, si toutefois nous n'imprimons pas le Mémoire en entier.)

M. Villermet lit un Mémoire intitulé : *Statistique des Conceptions*.

M. Velpeau présente de nouvelles Recherches sur l'œuf humain.

---

## RECHERCHES *sur les Vibrations normales.*

Par le D^r SAVART.

( Lues à l'Académie royale des Sciences, le 13 août 1827.)

C'EST un fait connu depuis long-temps, que les corps qui résonnent peuvent être le siége de plusieurs modes de division qui se superposent, et qui sont susceptibles de produire en nous la sensation distincte, quoique si-

multanée, d'un plus ou moins grand nombre de sons différens : c'est ainsi que quand une colonne d'air, une corde, une membrane, une cloche d'harmonica entrent en vibration, on entend divers sons aigus qui coexistent avec le son fondamental. Dans beaucoup de cas, on peut constater cette coexistence autrement que par la sensation qu'elle détermine sur l'organe de l'ouïe, tandis que dans d'autres on est encore réduit à n'en juger que par cette sensation même : ainsi on n'a jusqu'ici trouvé aucun procédé pour rendre visibles les subdivisions simultanées des cloches d'harmonica, des timbres et de beaucoup d'autres corps, tandis que celles des cordes s'aperçoivent très-bien à l'œil simple : il suffit, pour se convaincre de cette vérité, de placer un œil sur le prolongement de l'axe d'une corde; tandis qu'elle résonne, on voit très-distinctement, pour peu qu'elle soit longue, qu'elle s'infléchit de manière à se diviser en deux et en trois parties vibrantes, en même temps qu'elle se courbe dans toute sa longueur pour faire entendre le son le plus grave dont elle est susceptible. Dans tous les corps, ces subdivisions simultanées paraissent se produire avec une facilité extrême; néanmoins, ainsi que je vais le faire voir, il en est toujours une qui est liée plus intimement que toutes les autres au mode principal de division, et qui se prononce avec assez d'énergie pour qu'on puisse en constater l'existence par un procédé analogue à celui qu'on emploie pour reconnaître les courbures diverses que les corps solides affectent lorsqu'ils résonnent : ainsi, tandis qu'on fait vibrer une lame mince, bien plane et formée de quelque substance rigide et élastique, si on la recouvre

d'une couche légère de sable mélangé avec une poussière beaucoup plus fine, le sable dessine une figure qui indique le mode principal de division, et la poussière fine en trace une autre plus compliquée, qui est tellement liée à la première que, celle-ci étant donnée, celle-là peut être prévue à coup sûr; d'où il résulte que toutes les fois qu'un corps résonne, non-seulement il est le siége de plusieurs modes de division qui se superposent, mais encore que parmi tous ces modes de division il en est toujours deux qui se prononcent plus fortement que tous les autres. Mon but, dans ce Mémoire, est de mettre hors de doute l'existence de ce fait, et d'étudier les lois auxquelles il paraît soumis.

## § Ier. *Des Modes secondaires de division des lames circulaires.*

Les lames élastiques sont susceptibles de se diviser en parties vibrantes disposées d'une infinité de manières différentes, et tous ces modes de division peuvent se transformer les uns dans les autres par des nuances insensibles, de manière à produire tous les nombres possibles de vibration. Si l'on se borne à ne considérer que ceux de ces modes de division qui sont analogues entr'eux, on peut en former des séries qui peuvent être étudiées séparément : ainsi, par exemple, parmi tous les modes de division d'une lame circulaire il en est qui ne se composent que de lignes nodales diamétrales et qui forment une classe à part, tandis qu'il en est d'autres qui ne se composent que de lignes circulaires concentriques, et qui constituent encore une série

distincte, et ainsi de suite pour tous les autres cas, qui en général sont bien plus compliqués que les précédens. Je supposerai donc qu'on étudie séparément les phénomènes des mouvemens secondaires dans chacune de ces séries, et je commencerai par le cas où une lame circulaire ne présente que des lignes concentriques entre elles et à la circonférence de la lame.

Lorsqu'on répand du sable et une poussière plus fine, telle que du licopode, sur un disque qui présente une ou plusieurs lignes nodales circulaires, on observe que les grains de sable se portent sur les lignes indiquées par Chladni; mais que la poussière fine se réunit pour tracer d'autres lignes circulaires que ce physicien n'a pas connues, et qui, en général, sont situées entre les lignes dessinées par le sable : de plus, on remarque, quelque soit d'ailleurs le nombre des lignes, qu'il y a toujours au centre même du disque un point où la poussière se rassemble. Par exemple, je suppose qu'on obtienne le mode de division composé d'une seule ligne circulaire tracée par le sable; dans ce cas, la poussière dessine une ligne circulaire très-fine entre la ligne principale et le bord de la lame, et elle forme un point à son centre. Si la figure principale se compose de deux lignes circulaires, la poussière fine forme deux lignes secondaires, l'une qui est placée entre les deux précédentes, et l'autre qui est entre la plus extérieure et le bord de la lame; et de même que dans le cas précédent, la poussière la plus fine indique qu'il y a un point de repos au centre de la lame. En un mot, il y a toujours autant de lignes secondaires que de lignes principales, et de plus, il y a un point secondaire au centre

du disque. Mais ici se présente une difficulté : le mode secondaire de division ne se compose-t-il que des lignes tracées par la poussière fine ? Ou bien ne serait-il pas formé par ces lignes et par d'autres qui occuperaient le même lieu que celles du mode principal de division? Les expériences suivantes vont éclaircir cette difficulté, et elles montreront qu'en effet cette superposition a lieu.

Je suppose maintenant qu'on fasse résonner une lame circulaire dont le centre soit immobile, et qu'elle présente le mode de division composé de deux lignes nodales diamétrales, qui se coupent rectangulairement ; dans ce cas, les parties les plus fines de la poussière se réunissent sur le milieu de chacune des quatre parties vibrantes, et elles y forment un petit amas animé de divers mouvemens ; si l'on remarque ces quatre points, et qu'on cherche ensuite à produire la figure qui est composée de deux lignes diamétrales et d'une ligne circulaire, on trouve que cette dernière ligne passe justement par les quatre points qu'on avait marqué sur la lame. Si ensuite l'on produit le mode de division composé de trois lignes nodales diamétrales, ce qui donne six parties vibrantes qui présentent chacune un point formé par la poussière fine, on observe de même qu'en ébranlant ensuite la lame de manière à obtenir la figure où il y a aussi trois lignes diamétrales mais coupées par une ligne circulaire ; cette dernière ligne passe toujours par les points où s'étaient réunies les parcelles de poussière fine à l'occasion du mode de division précédent. La même épreuve étant faite lorsque la lame présente quatre, six, huit, dix..... lignes nodales dia-

métrales, on reconnaît de même qu'elle est le siége d'un mode de division que j'appellerai secondaire, et qui se compose du même nombre de lignes diamétrales que le mode principal, et de plus d'une ligne nodale circulaire. Lorsque la figure principale est formée par un grand nombre de lignes diamétrales, comme les amplitudes des oscillations sont peu considérables, la ligne circulaire de la figure secondaire se trace presque entièrement, de sorte qu'on ne peut pas douter que les petits amas de poussière fine, qui se présentent à l'observation lorsque le nombre des diamètres est très-petit, ne soient les rudimens d'une ligne nodale circulaire; et si l'on pouvait avoir quelques doutes à ce sujet, il suffirait, pour les lever, de remarquer que ces petits amas s'allongent d'autant plus que le diamètre des lames devient plus petit, l'épaisseur et le mode de division demeurant d'ailleurs les mêmes, de sorte que, passé un certain terme, la ligne circulaire se trace presqu'entièrement; ce qui indique que, si dans les lames très-grandes elle se réduit à des points placés sur le milieu de chaque ventre de vibration de la figure principale, c'est que l'amplitude des oscillations étant très-grande, le milieu de chacun de ces ventres est le seul endroit où la lame reste presque plane et horizontale, où par conséquent la poussière peut se réunir, tandis qu'à droite et à gauche de ce point la surface étant inclinée, les parcelles de poussière ne peuvent pas s'y arrêter.

Ainsi qu'il était naturel de le présumer, les lignes nodales diamétrales de la figure secondaire sont placées dans les mêmes lieux que celles de la figure principale;

c'est ce qu'on peut prouver facilement en plaçant une lame circulaire dans une pince armée de deux mâchoires de bois minces et assez longues pour qu'elles puissent serrer dans toute sa longueur l'une des diamétrales de la lame, disposition qui n'empêche pas les vibrations de se produire comme à l'ordinaire. On reconnaît, par ce procédé, que la figure secondaire se prononce aussi nettement que si la lame n'était fixée qu'à son centre, d'où il faut conclure que ce n'est pas le milieu d'un ventre de vibration du mode secondaire de division qui correspond à chaque ligne nodale de la figure principale, mais que les diamétrales nodales des deux mouvemens se superposent exactement. D'après cela, il ne paraît pas douteux que, dans le cas des lignes circulaires seules, il y a des lignes secondaires qui occupent le même lieu que les lignes nodales principales; ce qu'on peut d'ailleurs prouver directement, en observant que ces dernières lignes peuvent aussi être touchées avec les doigts, et même pincées, en quelque point de leur étendue, entre les mâchoires d'un étaux, sans que le mouvement secondaire cesse de se produire.

Cette coexistence de deux modes de division s'observe non-seulement quand la figure principale ne présente que des lignes nodales diamétrales, mais encore quand les lignes de cette espèce sont coupées par un plus ou moins grand nombre de lignes circulaires. Dans tous ces différens cas, la figure secondaire se compose toujours du même nombre de diamétrales que la figure principale, et le nombre des lignes circulaires principales étant représenté par $n$, celui des lignes circulaires secondaires l'est par $2n+1$, en admettant qu'outre les

lignes secondaires apparentes, il y en a encore autant que de principales et qui sont cachées par elles, ainsi que cela a lieu pour les lignes nodales diamétrales. En admettant aussi cette superposition pour le cas des lignes circulaires seules, et en considérant le point formé par la poussière au centre des disques comme un cercle d'un diamètre infiniment petit, on peut dire encore que, dans ce cas, le nombre des lignes principales étant $n$, celui des lignes secondaires est $2n+1$.

D'après ce qui précède, il est donc évident que dans les lames circulaires il y a toujours un mode secondaire de division qui se prononce beaucoup mieux que tous les autres. Mais quelles sont les conditions qui rendent ainsi le mode secondaire tellement dépendant du mode principal que, celui-ci étant donné, on peut toujours prévoir celui-là? La solution de cette question paraît assez simple : en effet, parmi tous les modes de division qui existent avec le mode principal (et sans doute qu'il y en a un très-grand nombre), ceux qui ont le plus d'analogie avec lui, qui approchent le plus d'être composés du même système de lignes de repos, doivent se prononcer plus fortement que les autres; et de tous ceux qui pourront remplir cette condition, celui qui sera le plus simple sera aussi celui dont les parties vibrantes feront les plus grandes excursions. Ainsi, par exemple, dans le cas de deux lignes diamétrales qui se coupent rectangulairement, de toutes les figures secondaires composées d'abord de deux lignes rectangulaires, la plus simple, celle qui approche le plus d'être réduite à ces deux lignes, c'est celle qui s'accompagne d'une seule ligne circulaire; c'est aussi cette fi-

gure qui existe toujours avec le mode de division dont nous venons de parler. Il résulte de là, ce qui est d'ailleurs conforme à l'observation, que la figure secondaire doit être composée de parties vibrantes plus petites que celles de la figure principale, et que les sons secondaires doivent toujours être plus aigus que les sons principaux.

Mais maintenant, pourquoi le mode de division secondaire ne peut-il être marqué que par une poussière plus fine que celle qui trace la figure principale, comme s'il y avait une certaine liaison entre les amplitudes des excursions des parties vibrantes et le degré de ténuité des parcelles de poussière qui peuvent dessiner les lignes nodales? D'abord, je remarquerai que, quelle que soit la poussière qu'on emploie, elle peut toujours se rassembler sur les lignes de repos du mode principal de division, et que c'est seulement la figure secondaire qui ne peut être indiquée que par une poussière très-fine : or, si l'on fait attention à la différence qu'il y a entre du sable, qui est un assemblage de petits globules indépendans les uns des autres, et une poussière très-ténue, comme du lycopode, par exemple, ou même comme la poussière qui se dépose sur les meubles, dont toutes les parties contractent entr'elles et avec la surface de la lame une certaine adhérence, on concevra facilement que ces substances, d'ailleurs si déliées, étant placées sur le milieu d'une partie vibrante du mode principal de division, peuvent, sans se désunir, être transportées avec la partie de la lame sur laquelle elles reposent, surtout si elles se trouvent placées sur une ligne nodale du mouvement secondaire, c'est-à-

dire, entre deux portions du disque qui oscillent en sens contraire (1).

Pour pouvoir répéter les expériences dont je viens de parler, il faut employer des disques de laiton de plusieurs décimètres de diamètre, et de deux ou trois millimètres d'épaisseur; il est indispensable qu'ils soient bien plans, d'égale épaisseur partout; et pour qu'ils ne présentent point d'inégalités de densité, ni de rigidité, il est nécessaire de les faire recuire avant de les battre, et de n'employer pour cela qu'un marteau de bois un peu lourd : ils seront toujours assez raides et assez sonores lorsqu'ils seront bien plans.

Pour obtenir facilement les modes de division qui sont composés de lignes diamétrales, soit seules, soit combinées avec des lignes circulaires, il est bon de fixer le disque par son centre, au moyen d'une pince un peu forte, dont les mâchoires soient armées chacune d'un

---

(1) Souvent il arrive que la poussière fine se réunit pour former de petits amas qui quelquefois paraissent animés de mouvemens intestins très-singuliers, et qui d'autres fois sont entraînés progressivement, tantôt vers le centre de la lame, tantôt vers sa circonférence, et tantôt dans d'autres directions diverses : ces différens phénomènes, qu'on pourrait regarder comme des indices de mouvemens particuliers existant dans les lames vibrantes, dépendent uniquement des adhérences que les petites parties de poussière contractent entr'elles, ainsi que de la forme extrêmement variée que peut affecter le petit amas qu'elles constituent. Je me propose de revenir plus tard sur cette question, qui n'est pas liée intimement au sujet que je traite en ce moment.

petit cylindre dont les bases, qui se regardent, doivent être recouvertes d'un morceau de buffle un peu épais, afin de laisser à la partie centrale du disque, qui doit être placée entr'elles, le plus de liberté possible. Lorsqu'une lame circulaire est ainsi fixée par son centre, il est très-facile de lui faire produire un grand nombre de figures composées seulement de lignes diamétrales ; il suffit de poser légèrement le bout des doigts sur deux points de sa circonférence, écartés l'un de l'autre d'une quantité qui la divise en un nombre pair de parties, et de promener l'archet au milieu de l'intervalle compris entre les deux points qu'on a rendus immobiles. Par ce procédé, un disque de 4 décimètres de diamètre et de 2 millimètres d'épaisseur pourra facilement se diviser en plus de quarante parties vibrantes qui formeront des secteurs égaux. Il y a plus de difficulté à obtenir les modes de division composés de lignes diamétrales et de lignes circulaires, surtout quand le nombre de ces premières lignes est considérable ; mais on y arrivera cependant en rendant immobiles les deux points de la circonférence de la lame où viennent aboutir deux lignes diamétrales voisines dans la figure qu'on veut produire, et en posant légèrement un ou deux doigts dans l'endroit où doit se trouver la ligne circulaire. La position de cette dernière ligne est toujours facile à découvrir au moyen des figures secondaires : en effet, je suppose qu'on veuille obtenir la figure qui est composée de huit diamétrales et d'une ligne circulaire, on commencera par produire la figure qui n'est composée que de huit diamétrales, et la poussière fine, en se réunissant pour tracer la ligne circu-

laire du mouvement secondaire, indiquera la position de la ligne circulaire qu'on cherche.

Par les moyens d'ébranlement ordinaires, il est presqu'impossible d'obtenir les modes de division qui ne sont composés que de lignes nodales circulaires : Chladni n'a réussi à produire qu'une seule ligne de cette espèce, par l'ébranlement avec un archet : néanmoins il donne la série des sons qui conviennent aux modes de division composés de 1 — 7 lignes circulaires ; mais cette série n'est pas tout-à-fait exacte, parce qu'il a donné les sons des figures distordues qu'il obtenait plus facilement, comme devant être les mêmes que ceux des figures régulières, ce qui est contraire à l'observation, ainsi que je l'ai fait voir ailleurs. M. Blanc, de Grenoble, avait proposé de produire ces mêmes modes de division en ébranlant les disques au moyen d'un tube de verre fixé à leur centre et perpendiculairement à leurs faces ; mais ce procédé est insuffisant parce que les lignes nodales circulaires occupent alors des positions qui ne sont pas les mêmes que celles qu'elles occuperaient si les lames étaient isolées : en d'autres termes, le nombre des vibrations est changé par le contact du corps qui communique le mouvement. On peut éviter toutes les difficultés et tous les inconvéniens de ces deux genres d'ébranlement en pratiquant un très-petit trou au centre des disques, et en y faisant passer une petite mèche de crins dont on se sert comme d'un archet, et qu'on tient tendue en la tirant en sens contraire avec les deux mains, tandis qu'une autre personne maintient le disque dans une situation horizontale en le touchant seulement dans

les endroits où doit passer une des lignes de repos du mode de division auquel on veut donner naissance. La présence d'un trou de 2 ou 3 millimètres de diamètre pratiqué au centre d'un disque ne peut avoir qu'une influence excessivement petite sur le nombre des vibrations, surtout quand le disque a 4 ou 5 décimètres de diamètre ; il ne peut en résulter qu'un déplacement inappréciable, dans la position de toutes les lignes de repos, comme on peut s'en convaincre en remarquant que la poussière fine, qui doit toujours indiquer un point immobile au centre de la lame, pour toutes les figures secondaires de la série de modes de division dont il s'agit, ne laisse pas de se réunir à ce centre même, malgré la présence du trou. Par ce procédé, je suis parvenu à produire jusqu'à neuf lignes parfaitement circulaires et concentriques. Les tableaux suivans offrent la série des sons et des nombres de vibration que j'ai obtenue sur plusieurs lames circulaires qui étaient le siége de ce genre de mouvement.

Lame de laiton de $0^m.178$ de diam. et de $0^m.0018$ d'épaiss.

| Nombre des lignes circulaires. | Sons. | Nombre des vibrations. |
|---|---|---|
| 1 | fa$_3$ | 5.3333 |
| 2 | fa$_5$ + | 21.3332 + |
| 3 | sol$_6$ | 48.0000 |

Lame de laiton de $0^m.336$ de diam. et de $0^m.0018$ d'épaiss.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | sol$^{\sharp}_1$ | 1.5625 |
| 2 | la$^{\flat}_3$ | 6.40000 |
| 3 | si$_4$ | 15.0000 |
| 4 | la$^{\flat}_5$ | 25.6000 |
| 5 | mi$_6$ | 40.0000 |
| 6 | si$^{\flat}_6$ | 57.6000 |

Lame de laiton de $0^m.375$ de diam. et de $0^m.0015$ d'épaiss.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | impossible de l'obtenir. | |
| 2 | re$^{\flat}_3$ | 4.3200 |
| 3 | mi$^{\flat}_4$ | 9.6000 |
| 4 | ut$^{\sharp}_5$ | 16.6665 |
| 5 | la$_5$ — | 26.6667 |
| 6 | mi$^{\flat}_6$ | 38.4000 |
| 7 | la$_6$ — | 53.3334 |
| 8 | ut$^{\sharp}_7$ | 66.6662 |
| 9 | Son trop aigu pour qu'on pût le distinguer. | |

Lame de laiton de $0^m.487$ de diam. et de $0^m.0028$ d'épaiss.

| | | |
|---|---|---|
| 2 | mi$_3$ | 5.0000 |
| 3 | fa$^{\sharp}_4$ | 11.1111 |
| 4 | mi$_5$ — | 20.0000 — |
| 5 | si$_5$ | 30.0000 |

Il est à remarquer que cette série de modes de division a beaucoup d'analogie avec celle d'une verge libre par les deux bouts, et qui ne se diviserait qu'en un nombre impair de parties vibrantes : en conséquence, on doit la regarder comme incomplète. Pour la compléter, il faudrait pouvoir obtenir les modes de division qui sont composés de lignes circulaires et d'un point immobile qui occupe le centre de la lame ; mais ce genre de division, qui s'offre facilement à l'observation comme figure secondaire, ne peut pas être produit directement et avec facilité par les moyens connus d'ébranlement, au moins dans les lames rigides ; car on l'observe quelquefois dans les membranes circulaires ébranlées par communication : ce qui montre que, contrairement à l'assertion de Chladni, et conformément à celle de Ricatti, chaque diamétrale d'une membrane de cette espèce peut s'infléchir comme une corde et se diviser en 1, 2, 3 . . . . . parties vibrantes ; de même que, dans une lame circulaire rigide, chaque diamétrale peut s'infléchir comme une verge libre par les deux bouts : ce qui ne veut pas dire que la série des sons d'une membrane doit être la même que celle d'une corde, ni que celle d'une lame circulaire doit être la même que celle d'un verge libre par les deux bouts ; l'expérience montre le contraire, et l'on conçoit, en effet, que cela ne doit pas être, vu la dépendance qui existe entre toutes les diamétrales d'une membrane ou d'une lame circulaires.

§ II. *Des Modes secondaires de division des lames rectangulaires, des verges, des anneaux, et des membranes.*

Les lames rectangulaires, triangulaires, semi-circulaires, etc. sont aussi le siége d'un mouvement secondaire qui est intimement lié au mouvement principal : je me bornerai à considérer ce genre de phénomènes dans les lames rectangulaires et dans les verges prismatiques carrées.

De toutes les séries de modes de division dont les lames carrées sont susceptibles on ne connaît bien que la série qui se compose de lignes nodales parallèles et celle qui est formée par des lignes de repos qui se coupent rectangulairement. Dans le premier cas, on observe qu'entre chacune des lignes nodales principales et entre les deux lignes extérieures et le bord de la lame, la poussière fine trace d'autres lignes droites bien nettes qui, réunies à celles qui se placent dans les mêmes lieux occupés par les lignes de repos du mode principal de division, forment une somme égale à $2n+1$ quand le nombre des lignes principales est $n$ ; mais lorsqu'il y a des lignes nodales qui se coupent rectangulairement, alors le phénomène paraît plus compliqué. Je suppose, par exemple, que la figure principale se compose de deux lignes perpendiculaires entre elles, et qui divisent en deux également chacun des côtés de la lame. Dans ce cas, la poussière fine forme à peu de distance de chaque angle un petit amas qui affecte ordinairement une forme circulaire. Alors, si l'on saisit la lame entre deux doigts, dans un de ces points, et qu'on applique

l'archet à-peu-près au quart de la longueur de l'un des côtés, il se produit un autre mode de division formé de trois lignes parallèles, coupées rectangulairement par trois autres lignes également parallèles, et les intersections les plus voisines des bords de la lame se font vers chaque angle, exactement dans les mêmes points où se réunissait la poussière fine à l'occasion du mode de division précédent; d'où l'on doit conclure que trois lignes nodales parallèles, coupées rectangulairement par trois autres lignes parallèles, constituent la figure secondaire de deux lignes qui se coupent perpendiculairement, et que le nombre des lignes de la figure principale étant exprimé par $2n$, pour conserver l'analogie avec les cas précédens où il n'y avait de lignes nodales que dans un sens, celui de la figure secondaire devient $4n + 2$, expression qui s'applique également au cas où les lignes nodales principales sont les diagonales du carré, et qui convient aussi quand le nombre des lignes qui se produisent dans un sens n'est pas le même que celui des lignes qui se produisent dans l'autre sens.

Quant aux lames rectangulaires dont les côtés diffèrent beaucoup en longueur, et dont la figure principale n'est formée que de lignes nodales perpendiculaires aux grands côtés, il peut se présenter deux cas selon que les petits côtés du rectangle sont plus longs que la moitié des grands ou selon qu'ils le sont moins. Dans le premier cas, les phénomènes se passent de la même manière que dans les lames carrées qui ne présentent que des lignes nodales parallèles : dans le second, la figure secondaire est d'un autre ordre que la

figure principale; elle est formée par le même nombre de lignes transversales, mais qui sont coupées par une ligne longitudinale. Il peut aussi arriver que la figure principale soit formée de lignes qui se coupent rectangulairement, alors la figure secondaire présente d'abord le même nombre de lignes transversales, et le nombre des lignes longitudinales principales étant $n$, celui des lignes secondaires de même nature est $2n+1$, de sorte que les lignes transversales peuvent être assimilées aux diamétrales des lames circulaires, et les longitudinales à leurs lignes circulaires.

Les verges prismatiques les plus minces et les plus étroites sont le siége de mouvemens secondaires aussi bien prononcés que ceux des lames de plus grandes dimensions. On les observe de même dans les anneaux plats, à section rectangulaire, et en général sur tous les corps qui présentent des faces planes qu'on peut recouvrir de sable. Mais il n'est point de corps où on les distingue plus facilement que sur les membranes ébranlées par communication; ils y sont d'ailleurs soumis aux mêmes lois que ceux des lames rigides de même forme : ainsi, quand le sable trace sur une membrane carrée un certain nombre de lignes nodales qui se coupent rectangulairement, si ce nombre est représenté par $2n$, celui des lignes tracées par la poussière fine est $4n+2$, pourvu cependant qu'on ne mette pas au nombre des lignes de repos de la figure principale les quatre lignes qui forment le contour fixe de la membrane; car, si on en tient compte, le nombre des lignes secondaires devient $4n-2$.

## § III. *Conséquences qu'on peut déduire des faits précédens.*

En résumant tout ce qui précède, on voit que l'existence des mouvemens secondaires est un phénomène général commun à tous les corps qui vibrent normalement; car quoiqu'il y ait certain corps, comme les cordes, par exemple, où il serait difficile d'en constater l'existence, l'analogie conduit si directement à l'admettre, qu'on ne peut guère contester la généralité de ce fait.

En partant de cette idée, que les modes secondaires de division sont en général d'une série différente de celle du mode principal, et en remarquant que lors des vibrations tangentielles longitudinales des verges droites, les points de la longueur qu'on peut toucher sans empêcher le mouvement de se produire, sont justement ceux que la théorie indique comme devant être immobiles, on serait conduit à regarder les lignes nodales hélicoïdales qui s'observent à la surface des corps qui sont animés de ce genre de mouvement, comme les traces d'un mode secondaire de division qu'on ne sait pas produire directement, et qui peut-être ne peut pas l'être à cause de l'extrême acuité du son auquel il donnerait naissance. Cette assertion ne paraît pas dénuée de fondement, surtout quand on remarque que les mouvemens normaux peuvent se transformer graduellement en mouvemens tangentiels lorsque la direction de l'ébranlement varie d'une manière convenable. Que devient alors le mouvement secondaire ?

Il est très à présumer que le son qui résulte du mou-

vement secondaire, en se réunissant à celui du mouvement principal, est une des causes les plus influantes du timbre des divers corps sonores. En effet, un mode de mouvement qui est presqu'aussi prononcé que celui qui donne le son fondamental, doit nécessairement produire sur l'organe de l'ouïe une impression particulière qui n'est peut-être rien autre chose que le timbre. On remarque que les sons des corps dont le mouvement secondaire donne un son beaucoup plus aigu que celui du mouvement principal, ont un timbre très-clair et très-perçant : c'est ce qu'on observe dans les lames carrées et dans les disques dont le mode principal de division ne se compose que de lignes circulaires. Ce qui viendrait encore à l'appui de cette manière de voir, c'est que chaque mode de division d'un corps produit un son qui a des caractères particuliers, tellement distincts, qu'une oreille exercée peut, par le son produit, deviner le mode de division ; or, l'expérience montre que le rapport entre les nombres de vibrations des deux mouvemens, n'est pas une quantité constante, de sorte que le son secondaire, en se mêlant au son fondamental, doit le modifier diversement selon les différens cas. Le tableau ci-joint indique les sons correspondans des deux modes de division dans une lame circulaire dont les figures principales ne présentaient que des lignes nodales diamétrales.

| Nombre des lignes diamétrales. | Sons principaux. | Sons secondaires. |
|---|---|---|
| 2 | $ut_1$ | $sol_3$ |
| 3 | $re_2$ | $re_4$ |
| 4 | $ut_3$ | $sol_4$ |
| 5 | $sol_3 +$ | $ut_5$ |
| 6 | $ut^{\sharp}_4$ | $mi_5 +$ |
| 7 | $fa^{\sharp}_4$ | $sol_5 +$ |
| 8 | $si^{\flat}_4$ | $si_5$ |

Dans certaines circonstances, les figures secondaires peuvent être composées d'un très-grand nombre de lignes nodales, et alors il serait impossible de les obtenir directement par les moyens connus, à moins d'employer des lames d'une très-grande étendue ; ainsi, par exemple, une lame de cuivre jaune de trois décimètres de diamètre et de deux millimètres d'épaisseur, est susceptible de produire le mode de division principal qui est formé de quatre lignes nodales diamétrales, coupées par cinq lignes circulaires, et alors la figure secondaire se compose du même nombre de diamétrales, mais coupées par onze lignes circulaires, mode de division impossible à obtenir directement. Cette prodigieuse facilité avec laquelle un corps solide peut ainsi s'infléchir à-la-fois dans tant de sens divers, et se diviser avec tant de

régularité, est sans doute un phénomène bien remarquable, surtout quand on fait attention qu'un très-grand nombre, et peut-être un nombre infini de semblables modes de division, qui deviennent de plus en plus compliqués à mesure qu'ils s'éloignent plus du mode principal, peuvent ainsi exister simultanément sans se confondre. L'intensité du son paraît dependre en grande partie du plus ou moins de facilité avec laquelle tous ces mouvemens peuvent coexister; car quand un son est très-intense on remarque toujours qu'il n'est pas simple, et qu'il est, au contraire, accompagné d'un grand nombre d'autres sons parmi lesquels il en est qui sont d'une acuité extrême. On pourrait penser que les modes de division qui donnent ces sons élevés ont entre eux de certains rapports analogues à ceux qui existent entre le mode principal et le secondaire, c'est-à-dire, qu'à ce dernier serait liée une subdivision encore plus élevée, à celle-ci une autre, et ainsi de suite. Quand ces phénomènes seront mieux connus, ils deviendront sans doute la base de l'harmonie.

---

## Rapport *fait à l'Académie par M.* G. Cuvier, *sur les Ossemens de la grotte d'Oiselles.*

L'Académie nous a chargés, MM. Brongniart, Beudant et moi, de lui faire un rapport sur les os recueillis dans la caverne d'Oiselles, près de Besançon, qui ont été adressés par M. le Préfet du Doubs à M. le Ministre de l'Intérieur.

Cette caverne est du même ordre qu'un grand nombre d'excavations semblables dont les montagnes de la Hongrie, de l'Allemagne et d'une partie de la France et de l'Angleterre sont percées, et qui toutes recèlent en plus ou moins grande abondance des ossemens d'animaux terrestres, pour la plupart étrangers à notre climat.

Dès le moyen âge, celles du Hartz étaient déjà célèbres, et par leur grandeur, et par l'immense quantité d'ossemens que l'on en tirait et que l'on vendait aux pharmaciens sous le titre d'*unicornu fossile*.

Celles des monts Crapacks en Hongrie furent décrites dans le 17[e] siècle. Après le milieu du 18[e], celles du Fichtelberg en Franconie devinrent l'objet des recherches de plusieurs hommes instruits, et l'on en représenta les os avec une certaine exactitude.

Au commencement du siècle présent, on fit connaître celles de Westphalie, et plus nouvellement encore on en a découvert et décrit en Carniole. Enfin, depuis quelques années il s'en est trouvé plusieurs en Angleterre et dans le pays de Galles, qui, ayant été examinées avec plus de soin que toutes les autres, ont fourni une quantité étonnante d'ossemens de toutes sortes d'espèces.

M. le professeur Buckland, qui a étudié avec un soin tout particulier les cavernes anglaises et les animaux dont elles recèlent les restes, a voulu se rendre compte de ce grand phénomène dans toute sa généralité, et il s'est transporté dans les diverses contrées de l'Allemagne, a pénétré dans toutes leurs grottes, en a dessiné des plans et des profils, et a publié sur ce sujet

un ouvrage plein d'intérêt, qu'il a intitulé : *Reliquiæ diluvianæ.*

C'est encore à ce savant géologiste que l'on doit la découverte des ossemens de la caverne d'Oiselles. A la vérité, l'on pouvait bien supposer que le Jura, qui est une continuation de l'Albe de Souabe et des montagnes à cavernes de la Franconie, qui contient lui-même plusieurs de ces excavations, qui en a même d'aussi célèbres par leurs stalactites qu'aucunes de celles de l'Allemagne, devait aussi offrir des restes des mêmes animaux; et, qui plus est, on avait déjà recueilli, dans une fente de rocher à Fouvent, département de la Haute-Saône, des os de plusieurs des animaux communs dans les cavernes anglaises, et surtout d'hyènes, d'éléphans et de rhinocéros. Mais personne n'ayant été à même de donner suite à ces recherches, on en était resté à des conjectures.

M. Buckland, visitant la caverne d'Oiselles, qui était depuis long-temps un objet de curiosité à cause de son étendue et des stalactites brillantes qui la décorent, s'aperçut qu'elle offrait toutes les apparences de celles de Franconie; il crut même pouvoir marquer l'endroit où les ossemens devaient être le plus près de la surface, et y ayant porté le marteau, il eut le plaisir de voir sa supposition confirmée.

M. le Préfet du Doubs, ayant accordé à cette curiosité naturelle de son département, tout l'intérêt dont elle était digne, demanda à S. E. le Ministre de l'Intérieur l'autorisation de suivre ces indications, et les fouilles qu'il a fait faire, et qui ont été dirigées avec beaucoup d'attention et de succès par M. Gévril, conservateur du

Cabinet d'Histoire naturelle de Besançon, ont bientôt révélé que cette caverne contient des ossemens en abondance aussi étonnante, qu'aucune de celles de la Franconie. M. le Préfet, d'après l'invitation du Ministre, a bien voulu adresser au Muséum d'histoire naturelle une certaine quantité de ces ossemens, et il nous a été aisé de nous assurer de leur espèce; ce qui nous a surpris, ce n'est pas qu'ils appartiennent à ce grand ours à front bombé que les naturalistes ont appelé spécialement l'ours des cavernes (*ursus spelœus*), parce que l'on n'a jamais trouvé ces os que dans une situation semblable à celle où ils sont à Oiselles; mais c'est qu'ils appartiennent tous à cette espèce, et ne sont jusqu'à présent accompagnés de ceux d'aucune autre.

Nous avons l'honneur d'en présenter des échantillons à l'Académie : elle peut y voir deux têtes bien entières, une portion d'omoplate, un humérus, un cubitus, un radius, un bassin assez entier, un fémur, un tibia, un astragale, un calcanéum, plusieurs os du carpe et du tarse, des os du métatarse et des phalanges; tous ces os sont d'ours, ainsi qu'il est aisé de s'en assurer par la comparaison avec ceux des espèces vivantes de ce genre; et quant à l'espèce particulière, sa détermination n'est pas moins facile au moyen de la tête entière d'*ursus spelœus* tirée des cavernes de Westphalie, que nous plaçons également sous les yeux de l'Académie. On verra qu'elle ne diffère des têtes d'Oiselles que parce qu'elle est un peu plus grande.

Les petites têtes d'Oiselles elles-mêmes, qui paraissent, au premier coup d'œil, très-différentes des grandes, ne sont que des têtes de jeunes individus. Pour le

prouver, nous plaçons à côté une tête de jeune ours qui n'a point encore ses crêtes, et qui offre absolument les formes de ces petites têtes.

Nous avons dit que cette identité d'espèces de tous les os nous avait étonnés ; et, en effet, dans les autres cavernes, pour peu que les fouilles aient été continuées, l'on a trouvé des os de tigres, d'hyènes et d'autres carnassiers, avec les os d'ours; souvent même on y a recueilli beaucoup d'os d'herbivores; mais il paraît que ces derniers sont principalement communs dans les cavernes où il y avait beaucoup d'hyènes, et que c'étaient les débris des cadavres dont ces hyènes avaient fait leur proie. C'est ce que M. Buckland a établi, surtout par cette circonstance que ces os d'herbivores portent encore presque tous les marques des dents de l'hyène. Il ne serait pas bien étonnant que l'on n'en trouvât point dans une caverne où il n'y avait que des ours, attendu que les ours étant essentiellement frugivores, et ne dévorant guère d'autres animaux que lorsque les fruits leur manquent, ils ont dû en entraîner beaucoup moins dans les grottes où ils faisaient leur séjour. On ne peut guère douter, en effet, qu'ils n'aient demeuré dans ces grottes et n'y soient morts paisiblement; lorsque, en examinant leurs os avec attention, l'on s'aperçoit qu'ils n'ont pas été roulés, qu'ils conservent encore leurs proéminences les plus déliées, et que si quelques-uns ont souffert, c'est ou qu'ils ont été entamés par les dents de leurs semblables, ou qu'ils ont été brisés par les instrumens des ouvriers occupés à les déterrer. Les os plats et minces sont presque toujours fracturés dans ces cavernes à cause de leur fragilité, et parce que le seul

poids des animaux qui marchaient ou se couchaient sur eux suffisait pour les rompre.

M. Gévril nous écrit qu'à l'entrée de la caverne les os sont en fragmens et mêlés de beaucoup de cailloux roulés, ce qui fait croire qu'à une époque quelconque les eaux y ont pénétré avec beaucoup d'activité; à 400 mètres de l'entrée, les os sont beaucoup mieux conservés et les cailloux roulés beaucoup plus petits, ce qui fait supposer que si l'on poussait les fouilles jusqu'au fond qui est à 700 mètres, on pourrait y découvrir des objets encore plus intacts. Cette recherche serait sans contredit des plus intéressantes, et elle nous apprendrait probablement encore si cette caverne, par une disposition qui lui serait propre, ne contient vraiment que des ossemens d'ours.

Une couche de stalagmite, continue M. Gévril, a recouvert ces os dans certains endroits, de manière qu'ils y sont incrustés. A la partie que l'on nomme la *grande salle*, ils sont dans une argile durcie, mêlée de couches de chaux carbonatée stalagmitique; le tout est recouvert de couches d'argile depuis un jusqu'à huit pieds d'épaisseur.

Cette grotte est composée d'un grand nombre de chambres assez vastes; et quoique les issues en soient bouchées par de l'argile, on juge qu'elles avaient leurs entrées du côté opposé de la montagne : l'entrée actuelle a été produite par la fracture d'un rocher.

On peut faire un grand nombre d'hypothèses sur les causes de cette accumulation d'ossemens dans cette caverne, et l'Académie s'imagine bien que l'on n'y a pas manqué depuis tant d'années que des cavernes toutes sembla-

bles et remplies d'ossemens de la même sorte ont été observées dans un grand nombre de lieu ; mais ces sortes de problêmes indéterminés et susceptibles de plusieurs solutions, ne sont pas assez du goût de l'Académie pour que nous essayions de les résoudre devant elle.

Cependant, s'il était nécessaire de nous expliquer, nous dirions que cette nouvelle découverte confirme tout ce que les précédentes avaient déjà rendu probable ; savoir, que les animaux ont fait long-temps leur séjour dans ces cavernes ; que leurs débris s'y sont accumulés, et qu'ils y ont été enfouis par le limon qu'une grande inondation y a jeté en même temps que les cailloux roulés qui y sont si abondans ; inondation annoncée par tant d'autres effets, et que l'on doit probablement considérer comme une des plus grandes époques de l'histoire de l'homme.

Mais, nous le répétons, ces conjectures sont étrangères à la nature des travaux de l'Académie ; il vaut mieux lui annoncer que l'intérêt inspiré par ces importans dépôts en a fait encore découvrir de nouveaux en France, qu'on les étudie de toute part avec l'ardeur la plus louable, et que nous devons surtout attendre bientôt une description complète de la caverne de Lunel-Vieil dans le département de l'Hérault. Une Commission composée de savans distingués a été chargée de ce travail par M. le préfet de ce département, et ne laissera rien ignorer au public ni de la nature, de la direction et des connections des roches dans lesquelles la caverne est creusée, ni des fossiles que ces roches renferment, ni des ossemens déposés dans la caverne elle-même. On y trouve peu d'ossemens d'ours, mais beaucoup d'ossemens

d'hyènes, et par suite des ossemens d'une multitude d'herbivores de toutes les tailles.

Nous voyons par le Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux, qu'une caverne placée à Saint-Macaire dans ce département, contient aussi des os d'hyènes et d'herbivores, et déjà, il y a plusieurs années, nous avions eu des renseignemens analogues sur une caverne du département du Lot.

L'Académie jugera sans doute que l'on doit prier M. le Préfet du Doubs et M. le Ministre de l'Intérieur, de vouloir bien, chacun en ce qui le concerne, donner des ordres pour que les recherches soient continuées dans la caverne d'Oiselles, pour qu'on en lève le plan et le profil ; que l'on constate avec soin la nature et la direction des couches pierreuses dans lesquelles elle est creusée, et surtout pour que l'on recueille avec soin jusqu'aux plus petits des os que l'on déterrera, afin de bien constater les espèces auxquelles ils ont appartenu.

Il sera facile à vos commissaires, si vous voulez bien les en charger, de rédiger sur ce sujet des instructions plus détaillées. Peut-être même jugerez-vous convenable de renvoyer à votre Commission administrative la question de savoir si l'Académie ne pourrait point concourir, pour sa part, aux dépenses que la continuation de ces fouilles pourra exiger. Comme on recueille beaucoup d'ossemens doubles, le partage que l'on en pourra faire avec le Cabinet de Besançon et les Dépôts pubics de la Capitale équivaudrait, et au-delà, à ces légères avances, qui sont d'ailleurs pour la science d'un in-

térêt général, et qui sous ce rapport rentrent complètement dans les dépenses auxquelles sont consacrés les fonds de l'Académie.

16 juillet 1827.

---

## Sur *l'Oxide brun de chrome.*

Par M. Arnold Maus.

M. Maus cherche à prouver que l'oxide brun de chrome, dont on doit la découverte à M. Vauquelin, est une combinaison de protoxide de chrome avec l'acide chromique, que l'on peut obtenir en mêlant une dissolution de chromate de potasse avec le proto-chlorure de chrome, ou en faisant digérer de l'acide chromique avec le protoxide de chrome. Cependant le produit obtenu pouvant être un oxide intermédiaire, au lieu de la combinaison supposée, on l'a mis en digestion avec de l'acétate de plomb, et on a obtenu du chromate de plomb et de l'acétate de protoxide de chrome. Au moyen de la potasse, on peut aussi le changer en oxide vert de chrome et en acide chromique : traité par l'acide arsénique, il donne de l'arséniate de protoxide de chrome et de l'acide chromique qui reste en dissolution. Il faut seulement éviter un excès d'acide arsénique, parce qu'il dissoudrait le précipité au bout de quelque temps, et qu'il donnerait au liquide une couleur brune, si déjà on n'en avait séparé l'acide chromique.

Le précipité brun que l'on obtient par le mélange du chromate de potasse avec le chlorure de chrome se décompose peu à peu par de nombreux lavages à l'eau

froide ; il reste de l'oxide vert de chrome, et l'eau a entraîné l'acide chromique. L'eau bouillante opère cette décomposition plus promptement. De l'alcool affaibli ou une dissolution de sel ammoniac opèrent le même changement. L'eau décompose aussi le chromate de chrome ; elle entraîne plus d'acide chromique que d'oxide de chrome, et change par conséquent le rapport de saturation.

Ces résultats expliquent suffisamment la différence des analyses qui ont été faites de l'oxide brun de chrome, et l'on voit facilement qu'il n'est point possible d'obtenir aucun résultat précis avec l'oxide préparé de cette manière : tout autre procédé donne le même produit, et l'incertitude des résultats reste par conséquent la même.

Si l'on chauffe, par exemple, du nitrate d'oxidule de chrome, il se forme bien aussi du chromate du même oxide; mais ce sel retient toujours de l'acide nitrique qu'on ne peut chasser entièrement sans convertir le chromate en oxidule pur. On a cru que cet oxide brun n'était décomposé qu'à la chaleur rouge ; mais il n'en est point ainsi ; la décomposition a lieu beaucoup au-dessous du rouge, et à une température de très-peu plus élevée que celle qui décompose l'acide chromique pur.

Suivant Vauquelin, on obtient l'oxide brun en chauffant le chromate d'ammoniaque. Ayant chauffé ce sel graduellement jusqu'à la température à laquelle il commence à se décomposer, la décomposition de toute la masse s'est faite en un instant ; le résidu était de l'oxidule pur se dissolvant assez bien dans les acides concentrés. Si, un peu avant la décomposition, on élève

brusquement la température, elle se fera avec une apparence lumineuse semblable à celle que Unverdorben a observée en mettant en contact le fluorure de chrome gazeux avec le gaz ammoniaque.

L'acide chromique chauffé de manière à se décomposer peu à peu, n'a laissé que de l'oxidule pur sans trace d'acide chromique; ce qui prouve que le chromate d'oxide se décompose à peu près aussi facilement par la chaleur que l'acide chromique.

Par une digestion à froid, l'acide chromique dissout très-facilement l'hydrate de chrome, et même le carbonate. La dissolution est aussi brune que celle de l'acide chromique; elle ne se trouble point par l'ébullition, et par l'evaporation elle laisse une masse cassante, d'apparence résineuse, sans la moindre marque de cristallisation; elle attire l'humidité de l'air, se dissout dans l'alcool froid sans se décomposer, et ne donne aucun précipité avec l'acide carbonique.

On a fait l'analyse de la dissolution obtenue par une longue digestion de l'oxidule de chrome avec l'acide chromique. On a ajouté de la potasse en excès qui a dissous tout le précipité formé d'abord, et on a ensuite carbonaté l'alcali au moyen d'un courant de gaz carbonique, parce qu'on avait reconnu que l'oxidule de chrome dissous dans la potasse caustique produisait, à la température de l'ébullition, des traces d'acide chromique. En faisant ensuite bouillir la dissolution carbonatée, l'oxidule s'est précipité, et, après l'avoir bien lavé, on l'a dissous dans l'acide muriatique, et précipité par l'ammoniaque. Quant à l'acide chromique qui était resté en dissolution avec la potasse, on l'a réduit à

l'état d'oxidule au moyen de l'acide sulfureux, après avoir sursaturé la dissolution d'acide muriatique, et on a précipité l'oxidule par l'ammoniaque. C'est ainsi qu'on a trouvé que la combinaison de l'oxidule de chrome avec l'acide chromique était formée de :

| | | |
|---|---|---|
| Acide chromique... | 72,21 | ou 2 atomes. |
| Oxidule............ | 27,79 | 1 |

On doit par conséquent la considérer comme un sel acide dans lequel l'oxigène de l'acide est quadruple de celui de la base.

Le chromate de peroxide de fer se comporte exactement comme le chromate d'oxidule de chrome. Il se décompose aussi par l'eau, surtout si elle est chaude ; il reste du peroxide de fer, et l'eau emporte en dissolution l'acide et une portion d'oxide.

L'acide chromique saturé d'hydrate de peroxide de fer donne un produit tout-à-fait analogue à celui que fournit l'oxidule de chrome, et qui contient :

| | |
|---|---|
| Peroxide de fer....... | 25,06 ; |
| Acide chromique...... | 74,94. |

L'analyse du produit obtenu en faisant digérer à chaud de l'acide chromique étendu, sur de l'hydrate de peroxide de fer a donné le même résultat. En admettant que ce produit soit formé de 1 atome de base et de 2 atomes d'acide chromique, on trouverait 27 d'oxide et 73 d'acide. L'acide contient par conséquent à peu près quatre fois plus d'oxigène que la base.

M. Maus termine en observant que John avait déjà émis l'opinion que l'oxide brun de chrome était un composé d'oxidule de chrome et d'acide chromique,

parce qu'il l'avait obtenu en faisant digérer ces deux corps ensemble. Doebereiner avait embrassé la même opinion, sans cependant avoir fait aucune expérience sur cet objet. M. Maus n'a eu connaissance de l'opinion de John que par M. Mitscherlich, après avoir terminé son travail.

(*Annalen der Physik*, *etc.* 1827.)

---

## NOTE *sur les Sels ammoniaco-mercuriels.*

PAR M^r E. SOUBEIRAN.

L'UN des derniers Numéros des *Annales de Chimie et de Physique* contient un Mémoire de M. Mitscherlich sur divers composés de mercure dont les résultats ne s'accordent pas avec ceux que j'ai publiés, l'année dernière, dans le *Journal de Pharmacie*. Bien que j'eusse apporté dans mes recherches toute l'attention possible, l'habileté de M. Mitscherlich me fit croire que j'avais pu avoir été trompé par quelque circonstance inaperçue, et cette idée me parut d'abord la plus vraisemblable en comparant les moyens analytiques assez compliqués dont j'avais fait usage, à ceux dont M. Mitscherlich s'est servi. Cependant, en reprenant ce travail pour m'assurer de la vérité, j'ai dû abandonner cette idée et reconnaître l'exactitude de mes premières analyses. J'entre dans quelques détails à ce sujet, en me bornant à parler des sels dont M. Mitscherlich et moi avons fait également l'analyse.

Le muriate ammoniaco-mercuriel insoluble, obtenu en précipitant le sublimé corrosif par un faible excès d'ammoniaque, est formé, suivant M. Mitscherlich, de :

| | |
|---|---|
| Peroxide de mercure.......... | 82,41 ; |
| Hydro-chlorate d'ammoniaque... | 17,59 ; |

et suivant mon analyse, de :

| | |
|---|---|
| Peroxide de mercure... | 89,23 = 1 at. $\ddot{Hg}$ ; |
| Hydro-chlorate d'ammon. | 10,77 = 1 at. $Az H^3 + H Ch$. |

J'avais considéré ce corps comme une combinaison de bi-chlorure de mercure et de mercuriate d'ammoniaque; mais, pour plus de commodité, j'ai représenté ici ce sel ainsi que l'a fait M. Mitscherlich.

Le nitrate de mercure et d'ammoniaque obtenu par précipitation du deuto-nitrate de mercure au moyen de l'ammoniaque est composé, suivant M. Mitscherlich, de :

| | |
|---|---|
| Peroxide de mercure.......... | 81,53 ; |
| Nitrate d'ammoniaque.......... | 18,47 ; |
| | 100 ; |

et d'après mon analyse, de :

| | |
|---|---|
| Peroxide de mercure. | 86 = 2 at. 2 $\ddot{Hg}$ ; |
| Nitrate d'ammoniaque. | 14 = 1 at. $Az^2 H^6 + Az^2 O^5$. |
| | 100. |

Nos résultats s'accordent en ceci, qu'en éliminant le peroxide de mercure, l'acide et l'ammoniaque se trouvent justement en proportion pour former de l'hydro-chlorate ou du nitrate neutre d'ammoniaque. La ques-

tion se réduit par conséquent à déterminer exactement la proportion d'oxide de mercure. Pour y parvenir, je me sers du proto-chlorure d'étain, ainsi que l'a fait M. Mitscherlich, mais sans doute en opérant d'une autre manière. Je prends un petit matras à essais d'or, dont je coupe le col très-près de la panse. J'y pèse un gramme de sel mercuriel, et je le fais dissoudre dans 40 à 50 grammes d'acide hydro-chlorique pur et concentré. J'ajoute un excès de chlorure d'étain cristallisé, et je porte à l'ébullition pour réduire le mercure et dissoudre parfaitement tout l'oxide d'étain. Au bout de quelques instans, la presque totalité du mercure est précipitée en un globule ; une petite quantité seulement reste en suspension dans la liqueur. J'étends l'acide de son volume d'eau pour ne pas être incommodé par la vapeur, je laisse déposer, je décante au moyen d'une pipette, je lave à plusieurs reprises par décantation et je fais sécher le mercure à la chaleur modérée d'une étuve. Je le retrouve tout entier à l'état métallique, et les résultats sont d'une exactitude telle que plusieurs expériences successives ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres.

J'ai toujours obtenu ainsi 0,795 à 798 de mercure métallique de 1 gramme de nitrate, et 0,819 à 0,822 par gramme de sel double muriatique ; ce qui est en parfait accord avec mes premiers résultats.

M. Mitscherlich ne donnant que peu de détails sur le moyen analytique dont il s'est servi, je ne puis avoir d'idée certaine sur la circonstance qui a pu le tromper. Je serais assez disposé à croire que l'erreur vient de ce qu'il fait usage d'acide faible. Celui-ci dissout mal l'oxide

d'étain, et il est difficile de le séparer sans entraîner un peu de mercure. Ce que je sais bien, c'est qu'en me servant d'abord de ce moyen, j'ai constamment obtenu une proportion un peu variable de mercure, et toujours plus faible qu'elle n'aurait dû l'être.

M. Mitscherlich s'est encore rencontré avec moi dans l'analyse du proto-nitrate ammoniaco-mercuriel; mais je n'ai pas eu à m'occuper d'une nouvelle analyse. En effet, M. Mitscherlich a considéré comme un sel distinct le précipité gris qui se forme quand on verse de l'ammoniaque dans une dissolution de proto-nitrate de mercure, et il a bien évidemment analysé un mélange de deux sels différens. J'ai prouvé en effet que ce phénomène de précipitation est plus compliqué qu'on ne l'avait pensé, et qu'il se forme en même temps deux composés insolubles. L'un est du sous-nitrate de mercure simple, l'autre est un proto-nitrate ammoniaco-mercuriel. Le mercure soluble d'Hanhemann n'est autre chose qu'un mélange en proportions variables de ces deux sels. J'ai fait voir que l'on pouvait à volonté augmenter la proportion de chacun d'eux en acidifiant plus ou moins la liqueur. J'ai isolé le sel triple mercuriel du nitrate simple, et l'analyse m'a fait voir que ce corps est analogue dans sa composition au deuto-nitrate ammoniacal. Sa composition est représentée par les élémens suivans :

| | | |
|---|---|---|
| Protoxide de mercure... | 92,2 | 4 at. $Hg^4$; |
| Acide nitrique......... | 5,92 | 1 at. $Az^2 O^5$; |
| Ammoniaque.......... | 1,88 | 1 at. $Az^2 H^6$. |
| | 100. | |

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | MIDI. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | THERMOMÈTRE. maxim. | minim. | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 752,64 | +16,0 | 86 | 752,82 | +18,0 | 79 | 752,66 | +17,5 | 78 | 753,08 | +14,0 | 8 | +18,5 | +12,5 | Eclaircies. | S. |
| 2 | 754,95 | +16,5 | 85 | 755,37 | +21,3 | 72 | 755,26 | +20,3 | 70 | 757,78 | +12,8 | 90 | +21,9 | +12,8 | Eclaircies. | S. S. E. |
| 3 | 761,82 | +12,5 | 90 | 762,30 | +17,4 | 81 | 762,06 | +19,2 | 76 | 763,80 | +15,0 | 90 | +19,2 | +10,7 | Très-vaporeux. | S. O. |
| 4 | 765,87 | +13,5 | 89 | 765,80 | +16,0 | 81 | 764,66 | +17,5 | 74 | 764,82 | +13,5 | 89 | +17,5 | +12,5 | Couvert. | N. N. E. |
| 5 | 764,36 | +13,5 | 88 | 763,07 | +15,7 | 84 | 761,68 | +19,0 | 69 | 761,08 | +13,2 | 80 | +19,0 | +12,7 | Beau. | N. |
| 6 | 758,43 | +11,6 | 83 | 757,40 | +15,0 | 75 | 756,36 | +17,5 | 62 | 756,38 | +10,8 | 80 | +17,5 | + 8,0 | Beau. | N. N. E. |
| 7 | 756,33 | +10,6 | 87 | 755,65 | +15,7 | 74 | 754,65 | +17,5 | 63 | 754,08 | +10,7 | 80 | +17,5 | + 5,2 | Quelques nuages. | N. |
| 8 | 751,00 | +13,4 | 85 | 749,16 | +17,1 | 75 | 747,20 | +18,8 | 69 | 746,40 | +14,0 | 87 | +18,8 | + 7,3 | Nuageux. | S. |
| 9 | 745,46 | +15,7 | 83 | 745,59 | +18,2 | 76 | 744,67 | +18,2 | 72 | 745,37 | +12,5 | 85 | +18,2 | +12,5 | Eclaircies. | S. O. fort. |
| 10 | 742,40 | +14,5 | 88 | 740,90 | +20,1 | 76 | 739,90 | +15,5 | 90 | 740,40 | +13,8 | 89 | +20,1 | +11,8 | Couvert. | S. |
| 11 | 743,10 | +15,2 | 81 | 743,93 | +11,5 | 74 | 743,80 | +12,7 | 75 | 745,18 | + 8,0 | 87 | +15,2 | + 8,0 | Pluie fine. | S. |
| 12 | 747,74 | +12,0 | 86 | 748,05 | +15,3 | 75 | 747,74 | +14,8 | 70 | 748,43 | +11,0 | 88 | +15,3 | + 8,3 | Nuageux. | S. O. |
| 13 | 745,22 | +11,5 | 88 | 743,10 | +12,0 | 88 | 741,36 | +12,0 | 89 | 742,06 | +11,1 | 90 | +12,0 | +11,0 | Pluie continuelle. | S. S. E. |
| 14 | 752,70 | +11,0 | 84 | 753,32 | +14,6 | 73 | 753,74 | +14,0 | 67 | 755,54 | +10,5 | 84 | +14,6 | + 6,8 | Très-petites éclairc. | O. |
| 15 | 758,98 | +12,4 | 87 | 758,87 | +16,5 | 75 | 759,27 | +15,0 | 75 | 760,27 | +12,5 | 90 | +16,5 | + 8,5 | Petits nuages. | S. |
| 16 | 760,42 | +13,5 | 88 | 759,90 | +16,3 | 75 | 758,90 | +16,8 | 70 | 758,55 | + 9,5 | 87 | +16,8 | + 9,0 | Eclaircies. | S. |
| 17 | 755,93 | + 9,6 | 89 | 755,00 | +14,2 | 71 | 753,88 | +16,2 | 74 | 752,24 | +12,7 | 84 | +16,2 | + 4,7 | Beau. | S. S. E |
| 18 | 751,88 | +14,7 | 85 | 751,80 | +19,0 | 76 | 750,94 | +19,6 | 75 | 751,22 | +16,0 | 87 | +19,6 | +11,2 | Nuages. | S. S E. |
| 19 | 753,00 | +16,7 | 88 | 751,77 | +18,2 | 85 | 751,02 | +19,6 | 77 | 750,88 | +15,5 | 90 | +19,6 | +13,7 | Nuageux. | S. S E. |
| 20 | 750,03 | +14,5 | 89 | 748,95 | +16,6 | 86 | 747,08 | +19,5 | 73 | 747,70 | +15,1 | 89 | +19,5 | +13,0 | Nuageux. | N. O. |
| 21 | 747,55 | +14,7 | 88 | 747,30 | +16,2 | 73 | 746,94 | +14,7 | 70 | 746,34 | +11,0 | 89 | +16,2 | +11,0 | Couvert | O. |
| 22 | 742,50 | +14,5 | 88 | 741,65 | +15,5 | 70 | 739,80 | +15,6 | 75 | 739,64 | +11,8 | 80 | +15,6 | +11,5 | Couvert. | S. S. O. |
| 23 | 741,23 | +11,9 | 84 | 741,30 | +15,5 | 80 | 741,08 | +15,0 | 74 | 741,98 | +12,0 | 88 | +15,5 | +10,0 | Quelques éclaircies. | S. S. O. fort. |
| 24 | 746,90 | +11,5 | 89 | 750,44 | +15,3 | 85 | 752,93 | +15,0 | 84 | 757,60 | +10,8 | 88 | +15,3 | +10,8 | Petites éclaircies. | O. N. O. |
| 25 | 761,28 | +12,5 | 87 | 761,80 | +16,9 | 80 | 761,65 | +17,1 | 77 | 762,20 | +11,9 | 88 | +17,6 | + 8,4 | Couvert. | S E |
| 26 | 761,00 | +12,3 | 87 | 760,38 | +15,3 | 79 | 758,53 | +16,0 | 66 | 756,78 | +11,3 | 86 | +16,0 | + 8,5 | Légers nuages. | E S. E. |
| 27 | 753,02 | +11,2 | 88 | 751,72 | +16,9 | 74 | 749,96 | +17,1 | 74 | 748,30 | +14,0 | 86 | +17,1 | + 7,0 | Legers nuages. | S. S O |
| 28 | 742,88 | +14,0 | 89 | 742,54 | +16,5 | 88 | 742,56 | +16,5 | 71 | 741,80 | +13,6 | 88 | +16,5 | +12,4 | Couvert. | S. O |
| 29 | 752,33 | + 8,1 | 85 | 752,30 | + 9,0 | 56 | 754,33 | + 9,7 | 50 | 757,22 | + 7,0 | 76 | + 9,7 | + 7,0 | Beau. | E. N. E. |
| 30 | 757,80 | + 6,9 | 88 | 756,97 | +10,6 | 83 | 754,96 | +10,8 | 71 | 753,24 | + 8,5 | 87 | +10,8 | + 3,8 | Couvert. | O. N. O. |
| 31 | 750,70 | + 9,7 | 89 | 750,22 | +12,1 | 85 | 749,40 | +12,2 | 80 | 741,75 | +10,3 | 89 | +12,2 | + 8,0 | Quelq. pet. éclairc. | O. S O. |
| 1 | 755,33 | +13,8 | 86 | 754,81 | +17,5 | 77 | 753,91 | +18,1 | 72 | 754,32 | +13,0 | 86 | +18,8 | +10,6 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 751,80 | +13,1 | 87 | 751,47 | +15,4 | 78 | 750,82 | +16,0 | 75 | 751,21 | +12,3 | 88 | +16,5 | + 9,4 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 6,875 |
| 3 | 750,65 | +11,6 | 87 | 750,59 | +14,5 | 77 | 750,19 | +14,5 | 72 | 750,71 | +11,1 | 86 | +14,8 | + 8,9 | Moyenn. du 21 au 31 | Terrasse, 6,130 |
| | 752,53 | +12,8 | 88 | 752,23 | +15,8 | 78 | 751,60 | +16,1 | 73 | 752,09 | +12,1 | 86 | +16,6 | + 9,6 | Moyennes du mois, | + 13,1. |

# SUITE

## *Du Mémoire sur la Compression des Liquides.*

Par MM. Colladon et Sturm, de Genève.

### § II.

### *Chaleur dégagée par la compression des liquides.*

Les phénomènes de chaleur qui résultent de la compression des corps ont attiré depuis quelques années l'attention de plusieurs géomètres et physiciens. La connaissance de ces phénomènes se lie aux questions les plus importantes de la physique, et pourrait conduire à des conséquences d'un haut intérêt sur la nature même de la chaleur et sur les rapports qui existent entre ce fluide et les différens corps.

Ces recherches ont encore acquis une nouvelle importance pour les géomètres depuis que M. Laplace en a montré l'application à la théorie du son, et prouvé qu'en tenant compte de la chaleur dégagée dans la compression de l'air, on fait coïncider la formule mathématique du son avec les résultats fournis par l'expérience.

Les phénomènes du dégagement de chaleur par la compression des gaz nous sont aujourd'hui presque entièrement connus, grâce aux travaux de M. Gay-Lussac, de MM. Clément et Désormes, et aux recherches plus récentes de MM. de Larive et Marcet.

On doit à MM. Berthollet et Pictet des observations sur l'élévation de température qui résulte de la compres-

sion des métaux dans le frappé des médailles; Rumford et M. Morosi ont fait des recherches sur la chaleur dégagée par le frottement des métaux; mais, vu l'extrême difficulté de ce genre d'expériences, il est bien peu probable que l'on parvienne à des résultats bien précis.

Quant au dégagement de chaleur qui semble devoir accompagner la compression des liquides, il n'a point encore été reconnu d'une manière directe; les seules expériences qui aient été faites jusqu'ici sur ce sujet sont celles de M. Dessaigne, et celle que M. OErsted a consignée dans son Mémoire sur la compressibilité de l'eau.

Le premier a annoncé, dans une Note insérée dans le *Bulletin de la Société philomatique*, qu'il est parvenu à dégager de la lumière de plusieurs liquides, en les soumettant à une compression forte et subite. M. OErsted dit (*Annales de Chimie*) avoir essayé vainement de produire de la chaleur par une compression de l'eau égale à six atmosphères. Il était douteux, d'après son expérience, que l'on pût parvenir à mesurer avec exactitude le dégagement de chaleur que doit produire la compression des liquides. Il fallait même, pour pouvoir espérer de la rendre sensible, employer un appareil où l'on pût reconnaître de très-faibles degrés de chaleur, et qui fût capable en même temps de résister à des pressions et à des chocs considérables. Celui que nous avons adopté nous paraît satisfaire à la fois à ces deux conditions. Il consiste (*voy.* fig. 5) en un ballon de verre *bb* dont la capacité intérieure est d'environ $\frac{3}{4}$ de litre, et dont les parois épaisses de 25 à 35 millimètres peuvent supporter des compressions rapides d'un grand nombre d'atmo-

sphères. Au centre de ce ballon est suspendue la spirale *t* d'un thermomètre de Bréguet. Un petit cadran placé au-dessous sert à mesurer les déviations de l'aiguille. Ce thermomètre se trouve ainsi plongé dans une masse suffisante de liquide, et il est impossible que la température de celui-ci puisse varier sans qu'on n'en soit averti à l'instant même.

La résistance du liquide rendait l'observation de ce thermomètre beaucoup plus facile qu'elle ne l'est dans les gaz où la vacillation de l'aiguille rend ses indications difficiles à observer. Le ballon ayant été rempli avec de l'eau distillée privée d'air par l'ébullition, nous l'avons vissé à une pompe de compression fixée solidement à un étau. Pour connaître d'abord l'effet d'une compression lente sur la température du liquide, nous nous sommes servis d'un tour à vis sans fin adapté au cylindre de la pompe. En comprimant l'eau du ballon jusqu'à 36 atmosphères, nous avons observé une déviation de l'aiguille du thermomètre, mais en sens contraire de celle qu'aurait produit un accroissement de température. Cette déviation était d'environ un degré de la division du thermomètre pour 12 atmosphères. Elle s'explique très-bien par l'inégale compressibilité des deux métaux qui le composent. N'ayant pas d'expérience précise sur la mesure de la compressibilité du platine, nous ne pouvons décider si la déviation était exactement ce qu'elle devait être d'après l'inégale compressibilité de ce métal et de l'argent, ou si elle était diminuée par un très-petit accroissement de température. Cependant, si l'on fait attention que pour le plus grand nombre des métaux une différence de pression d'aumoins 15 atmosphères

ne produit qu'une contraction qui équivaut tout au plus au changement de volume produit par un abaissement de température d'un seul degré, on en pourra conclure avec certitude qu'une compression lente de 36 atmosphères ne produit pas un changement de température d'un seul degré. Pensant que la rapidité de la compression pouvait avoir quelque influence, nous avons supprimé la vis sans fin du tour et nous nous sommes servis d'un levier *ll* pour opérer cette compression. Par ce moyen, nous pouvions produire une pression de 30 atmosphères en moins d'un quart de seconde. Les déviations de l'aiguille ont été exactement les mêmes et dans le même sens que pour une compression plus lente. Cependant, comme cette compression ne pouvait pas être considérée comme instantanée, nous avons fait des expériences semblables en faisant frapper sur le piston à coups de marteau. Indépendamment des légères oscillations imprimées à l'aiguille du thermomètre par l'action du choc, nous avons encore observé une déviation constante et négative, quoique les coups du marteau eussent été assez forts pour refouler beaucoup le métal à l'extrémité de la tige du piston.

En répétant ces expériences sur l'alcool, nous avons obtenu des résultats semblables. Seulement la déviation nous a paru moindre, et même les coups de marteau paraissaient occasionner une légère déviation en plus sur le thermomètre.

L'éther sulfurique était le liquide le plus propre à rendre sensible un dégagement de chaleur, puisque sa compressibilité est presque triple de celle de l'eau. En

conséquence, nous avons remplacé l'alcool par de l'éther à 64 degrés.

Les compressions lentes de 30 et 36 atmosphères n'ont eu presque aucune influence sur le thermomètre; l'aiguille a paru presque stationnaire, et la contraction de l'hélice a été sensiblement nulle; ce qui indiquait que la chaleur dégagée devait être de 1 à 2 degrés. Mais lorsque nous avons substitué à ces moyens de compression le choc des coups de marteau, constamment l'aiguille a indiqué une élévation de température comprise entre 4 et 6 degrés du thermomètre de Bréguet.

Nous avions déjà reconnu cette élévation de température dans des expériences précédentes faites avec des pressions subites de 40 atmosphères, au moyen du même appareil, dans lequel la pompe de compression était remplacée par un récipient plein d'air comprimé *r* (fig. 6), muni d'un manomètre communiquant avec l'intérieur du ballon; et les résultats que nous avions obtenus n'avaient pas différé beaucoup de ceux qu'ont produit les coups de marteau. Ce moyen a l'avantage d'occasioner une pression parfaitement déterminée et qui ne varie point pendant l'expérience; cependant, comme il est difficile de comprimer l'air à de si hautes pressions et que l'effort nécessaire pour ouvrir subitement le robinet agitait l'aiguille presqu'autant que les coups de marteau, nous avons employé préférablement la pompe de compression. Si l'on essaie des expériences analogues en remplaçant le thermomètre Breguet par de petits thermomètres à mercure très-sensibles, ouverts à leur extrémité supérieure, on observe presque constamment une élévation de la colonne capillaire qui paraît indiquer

des accroissemens sensibles de température ; mais nous avons reconnu que cette élévation provient de l'inégale compression que supporte la boule au dedans et au dehors, parce que le frottement de la colonne de mercure dans le tube capillaire empêche la compression de se transmettre instantanément à celui que contient la boule.

Il nous paraît démontré par ces expériences 1°. que la température de l'eau ne s'élève pas sensiblement par une compression subite de 40 atmosphères ; 2°. que pour l'alcool et pour l'éther sulfurique, une compression de 36 et 40 atmosphères opérée dans plus d'un quart de seconde, n'élève pas leur température de plus d'un degré centigrade ; mais qu'une compression plus rapide, telle que celle que peut produire un coup de marteau, opérée sur l'éther sulfurique, dégage assez de chaleur pour élever sa température d'environ 4 à 6 degrés centigrades.

Nous donnerons, à la fin de ce Mémoire, une nouvelle preuve du peu de chaleur dégagée dans une compression rapide de l'eau, déduite de la comparaison de la vitesse du son observée dans ce liquide avec celle que donne la formule de M. Laplace indépendamment de toute élévation de température. Cette comparaison nous offrira une vérification précieuse des expériences contenues dans cet article.

Il est sans doute difficile de concilier en théorie ces résultats positifs avec les expériences de M. Dessaigne ; mais rien n'autorise à affirmer que la lumière que ce physicien dit avoir observée dans ces liquides par des compressions très-puissantes soit l'indice d'une haute

élévation de température. Il faut ranger ce phénomène dans la même classe que celui du dégagement de lumière produit par la compression de quelques corps solides, des quartz, par exemple, qui, lorsqu'on les choque dans l'obscurité, paraissent lumineux, sans que pour cela leur température s'elève sensiblement, lors même que l'on réitère plusieurs fois ce choc.

## § III.

### *Recherches sur l'influence de la Compression sur la conductibilité électrique.*

Pour ces recherches (*v.* fig. 7), nous avons pris des tubes de verre longs d'environ 3 décimètres, fermés aux deux bouts; aux extrémités étaient soudés à la lampe des fils de platine communiquant à l'intérieur, et destinés à y faire passer le courant. La compression se transmettait au liquide contenu dans ce tube par le moyen d'un second tube *t*, soudé au milieu du premier et perpendiculairement à sa longueur, de manière à former une figure semblable à celle d'un T. C'est au moyen de ce second tube qu'on remplissait l'appareil du liquide. On l'adaptait ensuite à une pompe de compression munie d'un manomètre *mm*.

Au moyen de cet appareil, le liquide qui transmettait le courant pouvait être comprimé, sans qu'aucune cause, autre que la compression, pût influer sur sa conductibilité. Pour avoir un courant d'une intensité sensiblement constante pendant le temps nécessaire pour une expérience, nous avons employé une pile à auges chargée avec de l'eau pure ou légèrement salée. Une

des extrémités correspondait à un galvanomètre à deux aiguilles *g*, dont le fil se trouvait compris dans le circuit. On réglait d'abord la pile de manière qu'en complétant le circuit avec le liquide introduit dans le tube, la déviation du galvanomètre fût au moins de 15 degrés plus faible que celle qu'on obtenait en le complétant avec du mercure. On était donc sûr que cette diminution de 15 degrés était due à l'imparfaite conductibilité du liquide soumis à l'expérience, et qu'elle était suffisante pour que l'on pût apprécier de très-petites différences de conductibilité. En effet, nous nous servions d'un galvanomètre dont l'aiguille supérieure portait un fil de verre très-fin, qui mesurait les déviations sur un arc de cercle de trois pouces de rayon, et donnait très-facilement des quarts de degrés.

Un de nos appareils ayant été rempli d'eau distillée, on y fit passer un courant qui fit dévier l'aiguille de 22 degrés. En supprimant cette colonne d'eau intermédiaire, et la remplaçant par du mercure, la déviation s'éleva à 76°. Dans ce cas, la différence de déviation due au peu de conductibilité de l'eau était de 54°.

Voici le tableau des déviations observées pour des pressions de 5, 10, 20, 30 atmosphères :

| | Atmosphères. | Degrés de déviation. |
|---|---|---|
| Eau pure. | 1 | $22\frac{3}{4}$ |
| | 5 | $22\frac{3}{4}$ |
| | 10 | $22\frac{1}{4}$ |
| | 20 | 23 |
| | 30 | 23. |

On voit par ce tableau que le rappochement des molécules de l'eau dû à la compression de ce liquide n'a

pas une influence bien sensible sur sa conductibilité. La différence de déviation d'un quart de degré est trop petite pour qu'on puisse en conclure avec certitude une variation de conductibilité. Ce résultat mérite d'autant plus d'être remarqué, que ces 30 atmosphères produisent une contraction équivalente à celle que produirait un abaissement de température de 3 degrés, et qu'une telle diminution de chaleur fait varier sensiblement la conductibilité de l'eau.

Une expérience semblable faite avec une dissolution concentrée d'ammoniaque a donné le même résultat, c'est-à-dire que la déviation du galvanomètre était sensiblement la même lorsque le courant traversait ce liquide comprimé ou non comprimé.

En faisant passer le courant au travers d'une longue colonne de mercure contenue dans un tube capillaire, nous n'avons pu également obtenir aucune variation de conductibilité. Il n'en a pas été de même pour l'acide nitrique. Nous avons trouvé, en le comprimant, que la déviation de l'aiguille diminuait d'une quantité notable, comme le montrent les résultats suivans déduits de trois expériences.

| | Atmosphères. | Degrés de déviation. |
|---|---|---|
| Acide nitrique. | 1 | 47 |
| | 5 | 47 |
| | 10 | $46\frac{3}{4}$ |
| | 20 | 46 |
| | 30 | $44\frac{3}{4}$. |

Lorsqu'on supprimait la colonne d'acide nitrique et qu'on la remplaçait par une goutte de mercure, la dé-

viation s'élevait à 63°. La différence de 16° provenait par conséquent de la conductibilité imparfaite de l'acide nitrique. La diminution de conductibilité dans cet acide, lorsqu'il est soumis à de fortes pressions, ne nous paraît pas provenir de l'obstacle que pourrait opposer au passage de l'électricité le rapprochement de ses particules, puisque dans des liquides plus compressibles, tels que l'eau pure et l'eau saturée d'ammoniaque, ce rapprochement n'influe pas sur la conductibilité. Il nous semble que ce phénomène doit être attribué à une autre cause, c'est-à-dire, au changement que l'accroissement de pression produit dans la force d'affinité des élémens du liquide.

On ne peut expliquer plusieurs phénomènes de conductibilité dans les corps liquides, par exemple, le peu d'intensité d'un courant qui passe à travers de l'eau pure, et l'accroissement considérable de cette intensité par l'addition d'une très-petite quantité d'un acide, d'une base ou d'un sel soluble, qu'en admettant avec plusieurs chimistes et physiciens célèbres que cette transmission du courant s'opère par une suite de compositions et de décompositions successives. Il y a, sans doute, dans tous les cas, une portion de l'électricité qui est transmise par le corps liquide, indépendamment de toute action chimique. Ainsi, dans le mercure, on ne peut soupçonner aucune composition et décomposition possible. L'eau parfaitement pure conduit l'électricité à haute tension, sans aucune séparation de ses élémens. Mais pour des liquides non métalliques et lorsque la force électro-motrice, qui produit le courant, n'a qu'une faible tension, la plus grande partie de l'é-

lectricité se transmet à travers le liquide par le transport des molécules électro-positives et électro-négatives. La facilité de décomposition doit alors influer d'une manière puissante sur l'intensité du courant, et cette intensité diminuera, si une nouvelle cause vient mettre obstacle à la séparation des élémens. Il nous paraît probable que c'est à cette cause que tient la diminution que nous avons observée dans la déviation du galvanomètre, lorsque l'acide nitrique, qui transmettait l'électricité, était soumis à de fortes pressions. En effet, il a été bien établi par les recherches de M. Hall et plusieurs autres qui ont été faites depuis, qu'une forte pression diminue ou empêche la décomposition d'un grand nombre de substances, surtout lorsqu'elles contiennent des élémens gazeux. Il est donc possible que la décomposition rapide de l'acide nitrique par le courant de la pile ait été ralentie par la compression, et qu'il en soit résulté une diminution dans l'intensité du courant. Si telle est réellement la cause de cette diminution de conductibilité dans l'acide nitrique comprimé, il est probable que le même phénomène a lieu pour l'eau distillée ou chargée d'ammoniaque; mais que, vu son peu de conductibilité, la différence ne peut être mesurée.

De l'observation générale des principaux faits mentionnés dans cet article, nous croyons pouvoir conclure qu'une pression de 30 atmosphères ne change pas d'une manière sensible la conductibilité électrique du mercure, d'une solution concentrée d'ammoniaque et de l'eau distillée; qu'elle produit une diminution dans la conductibilité de l'acide nitrique, et que cet effet peut

s'expliquer par l'obstacle que la pression oppose à sa décomposition.

## § IV.

### *Vitesse du son des liquides.*

On sait depuis long-temps que le son se transmet à travers les corps solides et liquides, comme dans l'air et dans les fluides aériformes. La connaissance du degré de compressibilité de l'eau ou de tout autre liquide, donne le moyen de déterminer la vitesse avec laquelle le son doit s'y propager. MM. Young et Laplace ont signalé cette application importante. Ils ont donné la formule à l'aide de laquelle, connaissant le degré de contraction qu'éprouve un liquide pour un accroissement donné de pression, on peut calculer la vitesse de la propagation du son dans une masse indéfinie de ce liquide. On calcule également par la même formule la vitesse du son dans les corps solides, pourvu que l'on connaisse la contraction qu'éprouve leur volume pour une pression donnée. M. Poisson a traité cette question dans un savant Mémoire qui fait partie de ceux de l'Institut pour 1819 (pag. 396—400). On y trouve la démonstration développée de la formule dont il s'agit.

La théorie étant aussi complète qu'elle peut l'être, il ne restait plus qu'à la comparer avec l'expérience, soit afin de vérifier l'une par l'autre, soit afin de découvrir la différence qui pouvait exister entre elles. Nous avons donc entrepris une suite d'expériences sur la vitesse du son dans l'eau, seul liquide où de telles expériences soient possibles, dans le dessein de comparer la vitesse observée avec la formule théorique qui doit la représenter.

On verra plus loin le détail de nos moyens d'expériences et de nos résultats. Mais avant de les exposer, il nous paraît convenable de rappeler sommairement les points principaux de la théorie du son, et particulièrement la formule qui sert à calculer sa vitesse dans les substances liquides ou solides.

Newton est, comme on sait, le premier qui ait recherché les lois de la propagation du son dans l'atmosphère. Il considère une ligne indéfinie de molécules d'air, et suppose qu'une portion d'une petite étendue de cette ligne d'air soit primitivement ébranlée; il montre que cet ébranlement se propage de proche en proche dans toutes les tranches de la colonne d'air, comme on voit se faire la communication du mouvement dans une série de billes élastiques, et il détermine le temps que cet ébranlement, qui produit la sensation du son, emploie à parvenir à une distance quelconque de son origine. Il trouve que la propagation du son est uniforme, et que la vitesse de cette propagation supposée horizontale, ou l'espace que le son parcourt dans chaque seconde sexagésimale, a pour valeur la racine carrée du double produit de la hauteur dont la pesanteur fait tomber les corps dans la première seconde par la hauteur d'une colonne d'air qui ferait équilibre à la colonne de mercure du baromètre, et qui aurait partout la même densité qu'au bas de la colonne.

Lagrange, Euler, Laplace et M. Poisson ont ensuite déduit cette même expression de la vitesse du son des équations analytiques aux différences partielles qui représentent le mouvement de l'air, soit dans une colonne cylindrique d'une longueur indéfinie, soit dans

une masse d'air illimitée. En étendant leurs recherches au cas où le mouvement de l'air se fait suivant deux ou trois dimensions, ils ont trouvé que, quoique l'intensité du son décroisse alors avec la distance, sa vitesse est la même que dans le cas où ce mouvement n'a lieu que suivant une seule dimension. Il résulte de cette théorie que chaque vibration d'une particule d'air produit dans la masse une onde sonore de figure sphérique, d'une épaisseur très-petite, qui se compose de toutes les molécules d'air en mouvement dans un instant donné, et qui s'éloigne indéfiniment du centre d'ébranlement. Le rayon de cette onde croît proportionnellement au temps écoulé, et c'est son accroissement constant dans l'unité de temps qui mesure la vitesse de propagation du son.

Il existait cependant une différence notable entre la vitesse du son déduite de cette théorie et celle qui résulte des expériences. Les physiciens en très-grand nombre, qui ont mesuré directement cette vitesse, se sont accordés à la trouver plus grande que la vitesse calculée, tellement que la différence s'élève à $\frac{1}{6}$ de la valeur observée.

Il serait inutile de rappeler toutes les hypothèses qui ont été faites pour concilier sur ce point le calcul et l'observation.

On doit à M. Laplace la véritable explication de cette différence. Elle doit être attribuée à l'accroissement d'élasticité des molécules d'air produit par le dégagement de chaleur qui accompagne leur compression. En y ayant égard, on détermine la quantité de chaleur rendue sensible dans la production du son et employée à augmenter l'élasticité de l'air. M. Poisson

a fait voir que si la compression ou la dilatation est de $\frac{1}{116}$, la température doit s'élever ou s'abaisser d'un degré centésimal. Enfin M. Laplace est parvenu à un théorème qui ne laisse plus rien à désirer sur la certitude de son explication. Il a trouvé que la vitesse du son est égale au produit de la valeur que donne la formule de Newton, multipliée par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante à sa chaleur spécifique sous un volume constant. Ce rapport est un nombre plus grand que l'unité. Pour le déterminer, M. Laplace a fait usage des expériences de MM. Gay-Lussac et Welter. La formule de Newton, ainsi modifiée, s'est trouvée à peu près d'accord avec la vitesse réelle donnée par l'observation.

Le calcul de la vitesse du son et les lois de sa transmission dans les liquides et les solides sont presque les mêmes que dans l'air. Il suffit, pour notre objet, de rapporter ici la formule qui représente la vitesse du son dans un liquide. Pour en rendre l'application plus facile, nous l'énoncerons sous la forme algébrique, telle que M. Poisson l'a donnée dans son Mémoire.

Soit $D$ la densité d'un liquide, $k$ la longueur d'une colonne cylindrique de ce liquide sous une pression connue, $\varepsilon$ la petite diminution de cette longueur pour un accroissement donné de pression $P$. La vitesse du son dans ce liquide étant désignée par $a$, sera donnée par la formule suivante :

$$a = \sqrt{\frac{Pk}{D\varepsilon}}.$$

Supposons que l'on prenne pour $P$ une pression égale au poids de 76 centimètres de mercure, on aura :

$$P = (0^{m},76) \cdot g \cdot m\,,$$

$m$ désignant la densité du mercure, et $g$ la force accélératrice de la pesanteur ou le double de la hauteur dont elle fait tomber les corps dans la première seconde.

La seconde étant prise pour unité de temps, on a :

$$g = 9^{m},8088.$$

La vérification de ces formules, appliquées aux substances liquides et solides, exige des expériences très-précises. La terre n'offre pas des masses solides d'une continuité et d'une homogénéité suffisantes pour des expériences de cette nature ; il n'est pas probable qu'on parvienne jamais à vérifier en grand les calculs de vitesses relativement aux solides. Les expériences de M. Biot sur la transmission du son par les tuyaux en fonte de fer ont bien appris que sa vitesse surpasse de beaucoup celle de sa transmission par l'air ; mais comme le son lui parvenait en moins d'une demi-seconde, on n'en pouvait déduire qu'une évaluation très-incertaine, qui ne pouvait être regardée comme suffisante pour la vérification de la formule. L'eau nous paraît le seul corps où de telles expériences puissent être faites avec exactitude. Il a été reconnu que ce liquide transmet les sons à de grandes distances. Franklin s'était assuré que le bruit de deux cailloux choqués sous l'eau est encore sensible à plus d'un demi-mille. Il ne paraît pas cependant qu'il ait songé à en mesurer la vitesse. La seule expérience qui ait été faite jusqu'ici sur la vitesse du son dans un corps liquide est due à M. Beudant ;

elle a été faite dans l'eau de la mer, près de Marseille, il y a peu d'années. Voici sur cette expérience quelques détails que ce savant a bien voulu nous communiquer : Les deux observateurs, éloignés l'un de l'autre d'une distance connue, étaient munis de montres réglées et cheminant exactement ensemble. Au moment fixé, celui qui devait produire le son élevait un drapeau et frappait en même temps sur un timbre placé sous l'eau. L'observateur placé à l'autre station était accompagné d'un aide qui nageait près du bateau, entendait le son et indiquait par un signe le moment où il lui parvenait. On avait ainsi la mesure du temps que le son mettait à parcourir l'intervalle des deux stations. Cette mesure n'était pas rigoureusement exacte, parce que la personne placée sous l'eau ne pouvait pas donner son signal à l'instant même où le son lui parvenait. M. Beudant a conclu de ses expériences que la vitesse du son dans l'eau de mer doit être de 1500 mètres par seconde; mais ses diverses expériences lui ayant présenté des différences sensibles, il n'a donné ce résultat que comme une moyenne.

Il est probable que la vitesse réelle ne diffère pas beaucoup de cette moyenne, qui paraît s'accorder assez bien avec la théorie. Mais, pour pouvoir établir d'une manière certaine cette comparaison, il fallait nécessairement avoir une mesure parfaitement exacte, et de plus déterminer rigoureusement la densité et la compressibilité du liquide à la température même de l'expérience. Nous avons donc pensé à reprendre avec soin et en grand ces mesures pour lesquelles l'eau d'un lac

nous a paru convenable, comme donnant immédiatement la vitesse du son dans l'eau pure.

L'un de nous (1) a en conséquence, fait dans le lac de Genève, à la fin de l'année 1826, une suite d'expériences à de grandes distances, et a ainsi déterminé la vitesse du son dans l'eau pure; cette vitesse n'avait point encore été mesurée.

Les premiers essais ont eu pour but de trouver le moyen le plus sûr et le plus commode de produire un son qui fût entendu distinctement à de grandes distances. J'ai employé d'abord des poudres fulminantes qu'on faisait éclater sous l'eau, ou le choc de différens corps métalliques, tels que des timbres, des enclumes et des cloches. Ce dernier moyen fut reconnu le meilleur, non-seulement quant à la facilité et à la promptitude, mais aussi relativement à l'intensité du son. La cloche dont je me suis servi pour ces expériences avait environ 7 décimètres de hauteur et un diamètre un peu moindre. Elle était suspendue à une poutre en dehors d'un bateau et maintenue sous l'eau à une profondeur d'un mètre. (*V*. fig. 8.) A cette même poutre était fixé un levier coudé *mm*, dont l'extrémité supérieure était dans le bateau, tandis que l'autre était plongée sous l'eau et servait de marteau pour frapper la cloche. On pouvait ainsi frapper avec force, malgré la résistance du liquide.

On a fait toutes ces expériences de nuit, non-seulement pour n'être point troublé par des bruits étrangers, mais surtout pour la précision des signaux qui se donnaient, soit au moyen de fusées, soit en brûlant

(1) M. Colladon.

de la poudre. J'essayai d'abord d'entendre le son en plongeant la tête sous l'eau, mais ce moyen était incommode et peu exact. J'en trouvai un autre d'un usage sûr et facile, et qui permettait de plus d'augmenter à volonté l'intensité du son. Cette nouvelle méthode est fondée sur les considérations suivantes.

Lorsqu'on fait résonner un corps situé dans une masse d'eau tranquille et un peu au-dessus de la surface, une personne placée dehors de l'eau et à peu de distance, entendra très-bien le bruit produit par le choc de ce corps dans l'eau; si elle s'éloigne en rasant la surface de l'eau, elle remarquera une diminution très-rapide dans l'intensité du son, et enfin à une distance de 200 ou 300 mètres, elle n'entendra absolument plus aucun bruit dehors de l'eau, lors même que l'oreille serait placée très-près de la surface du liquide; cependant si, à cette distance ou à une beaucoup plus grande, cette personne vient à plonger la tête dans l'eau, elle entendra immédiatement le bruit d'une manière parfaitement distincte.

Il paraît donc que les rayons sonores qui viennent rencontrer la surface sous un angle très-aigu, ne passent pas dans l'air, mais éprouvent une sorte de réflexion dans l'intérieur de la masse liquide. Je pensai qu'en coupant cette masse par un plan vertical, l'ondulation devait se communiquer au-delà de ce plan, et que par conséquent s'il se trouvait de l'air derrière ce plan, le son s'y transmettrait et serait dès-lors entendu dans l'air environnant.

Pour réaliser cette conception, je pris un tube cylindrique de tôle mince, long de trois mètres, large de

deux décimètres environ. Je le fis fermer à l'extrémité qui devait plonger dans le liquide. A cette extrémité était soudée une forte boucle où l'on suspendait les poids nécessaires pour faire plonger le tube et le maintenir vertical dans l'eau, de manière que l'extrémité supérieure et ouverte à laquelle on appliquait l'oreille ressortît seulement de 5 ou 6 décimètres au-dessus du niveau.

Dans la première expérience, j'étais éloigné d'environ 2000 mètres de la cloche. Ayant donné le signal pour frapper, j'entendis aussitôt dans le tube le bruit parfaitement distinct de chaque coup, et ce son était assez intense pour qu'il fût possible de l'entendre en éloignant l'oreille jusqu'à 5 ou 6 décimètres au-dessus de l'orifice du tube (1).

Par ce moyen, l'expérience devenait très-facile et susceptible d'une extrême précision. Il ne m'était plus nécessaire, en effet, d'avoir un aide pour m'indiquer l'arrivée du son. Je pouvais à la fois observer moi-même le signal et entendre le coup de cloche. Je prévenais ainsi une cause d'erreur manifeste dont il eût été difficile de tenir compte. Enfin, j'avais le moyen d'augmenter à ma volonté l'intensité du son en augmentant la surface du tube; en conséquence (*v.* fig. 9), je lui donnai une longueur de 5 mètres, et je le fis terminer infé-

(1) Il est à remarquer qu'on n'entend absolument rien avec un cornet acoustique ouvert par le bas. On ne peut entendre qu'en plongeant complètement la tête et se remplissant l'oreille d'eau, ou par le moyen d'un tube plein d'air, tel que celui que j'ai employé.

rieurement par un évasement dont l'embouchure était verticale et fermée par un plan métallique *p* d'environ 20 décimètres carrés de surface. L'extrémité supérieure du tube avait la forme d'un cône avec une section oblique à l'axe pour y placer l'oreille. On tournait alors le tube de manière que le plan inférieur qui terminait l'évasement du tube fût tourné du côté de la cloche. Comme la section supérieure de ce tube était très-oblique à son axe, je pouvais y appliquer l'oreille, sans que cette position eût rien de gêné ; ce qui me permettait de prolonger à volonté les expériences, et me laissait la liberté de compter moi-même l'intervalle de temps qui s'écoulait entre le signal du coup et le moment où le son me parvenait.

Le chronomètre dont je me suis servi avait une détente très-légère qui permettait de l'arrêter aux quarts de seconde. Quelques expériences faites comme essais à des distances de 5 et 6 mille mètres, m'ayant démontré la possibilité d'en faire sur une plus grande échelle, j'entrepris de répéter cette expérience dans la plus grande largeur du lac, c'est-à-dire, entre les petites villes de Rolle et de Thonon, sur une longueur de quatorze mille mètres (1).

Je ne pouvais choisir une position plus favorable pour cette expérience. La profondeur de l'eau est très-grande entre ces deux points, et le terrain suit de chaque côté une pente sensiblement égale, sans aucune élévation

(1) Cette distance est à peu près la moitié de celle de Montlhery à Montmartre qu'avaient choisie les académiciens français en 1738, pour mesurer la vitesse du son dans l'air.

intermédiaire qui pût intercepter le son. C'est ce qu'on peut voir dans une note sur les profondeurs du lac Léman, publiée par M. de la Bèche (*Bibl. Univ.* t. XII), où il donne une coupe du lac de Rolle à Thonon. D'après cette coupe, la profondeur moyenne du lac entre ces deux villes serait de 140 mètres. On ne trouve d'ailleurs dans cet intervalle aucune trace de courant; l'eau y est d'une grande transparence, et la profondeur est assez grande pour que l'agitation des vagues ne puisse la troubler. Les deux stations, celle où était la cloche et celle ou j'étais placé pour entendre, ont été prises dans la direction d'une ligne droite menée du clocher de Thonon à un des angles du château du Rolle. Chacun des bateaux était fixé de chaque côté à 200 mètres du bord du lac. Après quelques essais, je trouvai que le signal le plus convenable et le plus instantané pour cette distance était celui de l'inflammation subite d'une quantité suffisante de poudre. En en brûlant environ un quart de livre, on produisait un éclair qu'il était très-facile d'apercevoir depuis l'autre station, quoique la courbure de la terre m'interceptât la vue de tous les objets élevés de moins de neuf mètres au dessus de la surface de l'eau. Pour l'enflammer *subitement*, on se servait d'une lance à feu (*l* fig. 8) à laquelle le mouvement du marteau faisait toucher la poudre *p*, au moment où il frappait sur la cloche. Par ce moyen, la lumière de la poudre qui me servait de signal, apparaissait toujours à l'instant où le coup se frappait.

J'étais placé à l'autre station, la face tournée de manière à voir les signaux, et l'oreille appuyée sur l'ouverture du tube qu'un aide maintenait dans sa position

de manière que j'eusse l'usage de mes deux mains pour tenir et arrêter le chronomètre. Au moment où j'apercevais la lumière, je touchais la détente, et j'arrêtais ensuite à l'instant où j'entendais le coup. Le chemin parcouru par l'aiguille marquait le temps employé par le son à parvenir jusqu'à moi.

Il s'écoulait nécessairement un petit intervalle de temps entre le moment où je voyais la lumière et celui où je touchais la détente. Il y avait aussi un retard semblable après la sensation du son ; mais ce second retard devait être un peu moindre, et voici pourquoi : si l'on veut opérer un mouvement à un signal déterminé, il y a toujours un intervalle de temps entre la sensation reçue et l'action qui en est la suite, et ce temps est plus long si l'apparition du signal est difficile à prévoir. Dans mes expériences, la préparation de la poudre et de la lance à feu exigeait du temps et des précautions. La personne chargée de frapper la cloche donnait rarement le coup à l'instant déterminé, la lumière m'apparaissait presque toujours d'une manière inattendue ; tandis que le son, arrivant dans un temps toujours le même, était facilement prévu, surtout dans les dernières expériences. Il résulte de là que les temps observés sur le chronomètre pour la transmission du son étaient trop courts, d'une quantité très-petite, qu'on ne pouvait évaluer, mais qui ne devait point dépasser un quart de seconde.

J'ai fait trois séries d'expériences à des jours différens ; je vais en donner les résultats.

| TEMPS OBSERVÉS. | | |
|---|---|---|
| 7 Novembre. | 15 Novembre. | 18 Novembre. |
| $9''\frac{1}{2}$ | $9''\frac{1}{4}$ | $9''\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{2}$ |
| $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ | 9 |
| $9\frac{1}{4}$ | 9 | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{2}$ |
| $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| 9 | $9\frac{1}{4}$ | 9 |
| $9\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ | $9\frac{1}{4}$ |
| $9\frac{1}{4}$ | | $9\frac{1}{2}$ |
| | | $9\frac{1}{4}$ |
| | | $9\frac{1}{4}$ |
| | | $9\frac{1}{4}$ |

On voit, par ce tableau, que le temps écoulé entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son était plus grand que $9''$, et plus petit que $9''\frac{1}{2}$. Sa valeur moyenne est un peu au-dessus de $9''\frac{1}{4}$. Si nous évaluons à moins d'un quart de seconde la petite erreur dont nous avons parlé plus haut, nous pourrons adopter $9'',4$. pour le temps que le son mettait réellement à venir d'une station à l'autre.

Comparons maintenant ce temps avec la distance des deux stations. La seule mesure connue de cette distance avait été prise par MM. de Saussure et Pictet, qui avaient

trouvé 7330 toises ou 14287 mètres pour la distance du clocher de Thonon à la tour de Rolle. N'ayant pu me procurer les résultats mêmes de leur triangulation et désirant vérifier l'exactitude de ce nombre, j'ai fait répéter cette mesure en prenant pour base la distance de la tour de Saint-Pierre, à Genève, à la tour de Langin, située au pied de la montagne des Voirons, distance qui a été mesurée à deux époques différentes avec un très-grand soin, pour servir à une triangulation de la vallée du Léman.

Le premier triangle comprenait Genève, Langin, Rolle; le second, Langin, Rolle et Thonon. Cette mesure directe m'a donné 14240 mètres pour la distance du château de Rolle au clocher de Thonon. Celui-là est situé sur le bord même du lac. Quant au clocher de Thonon, sa projection est éloignée du bord de 353 mètres, ce qui donne 13887 mèt. pour la distance des deux rives.

En retranchant 400 mètres pour les distances des deux bateaux aux deux rives, on a 13487 mètres pour la distance des deux stations. Ce nombre peut être regardé comme exact, à moins de 20$^{m.}$ près.

Le temps que le son employait à parcourir cet espace était à très-peu près 9″,4, comme nous l'avons dit plus haut. Comme la propagation du son est uniforme, en divisant l'espace 13487 mètres par le temps 9″,4, on aura la vitesse du son ou l'espace qu'il parcourt dans une seconde. On trouve ainsi 1435 mètres pour la vitesse réelle du son dans l'eau (1).

(1) Pour apprécier jusqu'à quel point ce nombre peut être exact, observons que si l'on prenait pour la distance des

Le jour même de l'expérience je m'étais fait conduire entre les deux stations pour prendre la température de l'eau à différens endroits, à la profondeur de 3 et 6 mètres, au moyen d'un thermomètre dont la boule était recouverte de cire. Je trouvai la température partout la même à ces deux profondeurs ; elle était de 8°,2 degrés centigrades près de Thonon, 8°,1 au milieu du lac, et 7°,9 prés de Rolle ; la valeur moyenne est 8°,1

Pour comparer ces résultats avec ceux du calcul ; il fallait déterminer avec beaucoup de soin la compressibilité de cette eau à cette température, ainsi que le rapport de sa densité à celui de l'eau distillée à 0°.

L'eau du lac, à une distance suffisante de l'embouchure du Rhône, peut être regardée comme parfaitement pure. A peine contient-elle $\frac{1}{2000}$ de son poids de

---

deux stations 13500 mèt., nombre que je crois trop fort, et pour la durée de la transmission du son $9''\frac{1}{4}$, nombre trop petit, on aurait pour la vitesse la plus grande valeur qu'on puisse supposer, savoir 1459 mèt.; mais cette quantité est certainement trop grande. Si, au contraire, on prenait la plus petite valeur possible pour la distance, c'est-à-dire 13486 mèt. moins 20 ou 13466 mèt., et pour le temps sa plus grande valeur $9'',5$, on aurait la plus petite valeur possible de la vitesse, savoir 1417 mèt. On voit, par la détermination de ces limites, que si la vitesse véritable n'était pas égale à 1435 mèt., elle ne pourrait pas du moins différer de ce nombre, soit en plus, soit en moins, de plus de 24 mèt., de sorte que l'erreur possible dans cette expérience ne peut pas s'élever au-dessus de $\frac{1}{60}$ de la valeur véritable.

matières étrangères. M. Tingry en a donné des analyses qui peuvent être regardées comme les meilleures, parce qu'il a opéré sur de grandes masses. Il les a faites en été et en hiver. Nos expériences ayant été faites à la fin de novembre, nous donnerons seulement ici la moyenne de ces deux analyses, qui d'ailleurs ne diffèrent pas beaucoup entr'elles.

*Moyenne de deux analyses de l'eau du lac de Genève, par M. Tingry.*

24475 grammes de cette eau contiennent :
82,896 centilitres de gaz (composé principalement d'air contenant plus d'oxigène que l'air atmosphérique.)
1g,722 carb. chaux ;
0 ,172 carb. magnésie ;
0 ,212 muriate de magnésie ;
0 ,861 sulfate de chaux ;
0 ,848 sulfate de magnésie ;
0 ,040 argile siliceuse ;
0 ,172 partie ;

ce qui donne pour un kilogramme 0g,164 de matière étrangère non gazeuse, c'est-à-dire un peu moins de $\frac{1}{6000}$ du poids total.

La densité de l'eau du lac est à très-peu près 1,00015 à 4°, celle de l'eau distillée à 4° étant prise pour unité. Et comme le volume de l'eau augmente de 0,0001 3 quand elle passe de 4° à 8°, la densité de l'eau, au moment de mon expérience, était égale à l'unité, plus une fraction tout-à-fait négligeable.

Quelque petite que fût la quantité de matière étran-

gère contenue dans cette eau, nous avons cru devoir déterminer directement sa compressibilité, au lieu de la supposer égale à celle de l'eau distillée. Pour cela, nous l'avons introduite dans le piézomètre avec les précautions indiquées pour l'eau non privée d'air. Les expériences faites depuis 1 jusqu'à 20 atmosphères ont donné 46,18 millionièmes pour la compression moyenne d'une atmosphère. En ajoutant la contraction cubique du verre égale à 3,3, on a 49,48 ou à très-peu près 49,5 millionièmes pour la contraction absolue de l'eau du lac de Genève à 8° cent., nombre trouvé pour l'eau non privée d'air à 0.

Reprenons maintenant la formule de la vitesse du son que nous avons rapportée plus haut, afin d'y substituer les valeurs que nous venons de déterminer.

Cette formule est :

$$a=\sqrt{\frac{PK}{D\varepsilon}}.$$

En se rappelant quelles sont les quantités désignées par $D$, $k$, $E$ et $P$, on a pour l'eau du lac de Genève à la température de 8°,1

$$D=1;\ k=1000\,000;\ \varepsilon=49{,}5.$$

Si l'on prend pour $P$ la pression d'une atmosphère de $0^m76$ de mercure à la température de 10°, qui est celle où notre manomètre a été fixé, en désignant par $m$ la densité de ce mercure, et par $g$ la force accélératrice de la pesanteur ou le double de la hauteur dont elle fait tomber les corps dans la première seconde, on a :

$$P=(0^m{,}76)\cdot g\cdot m.$$

La valeur de $g$ est, comme on sait,

$$g = 9^{m},8088.$$

La densité du mercure à 0° est, d'après les expériences de MM. Dulong et Petit, égale à 13,568; celle de l'eau distillée à 3°,90 étant prise pour unité. D'ailleurs, la dilatation du mercure est de 0,00018 pour chaque degré d'accroissement de température, et par conséquent de 0,0018 pour 10°. Le mercure passant donc de 0 à 10°, son volume augmente dans le rapport de 1 à 1,0018. La densité du mercure à 10° sera donc égale à sa densité à 0 ou 13,568 divisée par 1,0018; de sorte qu'on a $m = \frac{13,568}{1,0018} = 13,544$.

Substituant donc dans la formule de la vitesse du son toutes ces valeurs,

$$D = 1\,;\ k = 1\,000\,000\,;\ \varepsilon = 49,5$$
$$P = (0^{m},76)\,.\,(9,8088\,.\,(13,544),$$

on trouve, en effectuant le calcul :

$$a = 1428.$$

Telle est donc la détermination théorique de la vitesse du son, déduite de la densité et de la compressibilité de l'eau, dans l'hypothèse qu'il n'y a point de chaleur dégagée par la compression rapide des molécules liquides qui puisse élever leur température. Or, la vitesse du son conclue de nos expériences, est, comme nous l'avons dit, égale à $\frac{13487}{9'',4}$ ou 1435 mètres.

Cette vitesse observée surpasse donc la vitesse calculée, mais l'excès n'est que de 8 mètres. Cette différence est trop petite pour qu'on puisse l'attribuer à

un dégagement de chaleur. Elle pourrait être encore deux ou trois fois plus grande qu'elle tomberait dans les limites des erreurs des observations. Ainsi l'accord entre l'expérience et la théorie est aussi parfait qu'on pouvait l'espérer.

*Remarques sur la nature du son dans l'eau.*

Je terminerai cet article par quelques remarques qui me paraissent mériter d'être mentionnées.

La première est relative à la durée d'un son dans l'eau, qui diffère notablement de sa durée dans l'air. Le bruit d'une cloche frappée sous l'eau entendu à quelque distance, ne ressemble aucunement à celui d'une cloche frappée dans l'air. Au lieu d'un son prolongé, on n'entend sous l'eau qu'un bruit net et bref, que je ne puis mieux comparer qu'à celui de deux lames de couteaux frappées l'une contre l'autre. Lorsqu'on s'éloigne indéfiniment de la cloche, le son conserve toujours ce caractère en diminuant d'intensité. La perception d'un bruit si sec et si bref provenant d'une distance de plusieurs lieues, cause un sentiment analogue à celui qu'on éprouve en voyant pour la première fois dans un télescope des objets éloignés qui paraissent très-distincts. En faisant cette expérience à des distances intermédiaires, le son m'a paru toujours le même quant à sa nature, ensorte qu'il m'eût été impossible de distinguer s'il provenait d'un coup fort et éloigné ou d'un coup faible et rapproché. Ce n'est qu'à une distance d'environ 200 mètres qu'on commençait à distinguer le retentissement de la cloche après chaque coup. Nous observons dans l'air un phénomène presqu'entièrement

opposé. Les coups frappés sur une cloche sont plus failes à reconnaître de près, tandis que de loin on n'entend plus qu'un bourdonnement continu et presqu'uniforme. La résistance que l'eau oppose aux vibrations de la cloche ne donne pas une explication suffisante de ce fait; car le même son entendu hors de l'eau était beaucoup plus prolongé : on reconnaissait très-bien le son d'une cloche, ce qui eût été impossible en entendant de loin le bruit transmis dans l'eau. Ce phénomène s'explique par la nature des vibrations sonores dans l'eau : on sait, en effet, que dans le mouvement vibratoire d'un fluide, la durée de l'agitation d'une particule est égale au rayon de la portion sphérique du fluide qu'on suppose primitivement ébranlée à l'origine du mouvement, divisée par la vitesse de transmission du son. La première de ces deux qualités est nécessairement plus petite dans l'eau que dans l'air; la seconde est, au contraire, plus grande; d'où il suit que la durée du son doit être beaucoup moindre quand il est transmis par l'eau, que quand il se propage dans l'air.

La seconde remarque est relative à la non transmission du son de l'eau dans l'air, lorsque les vibrations qui se propagent dans l'eau arrivent à sa surface sous un très-petit angle. Ainsi que je l'ai dit, à une distance de moins de 200 mètres, le son de la cloche frappée dans l'eau s'entendait facilement dans l'air; mais à une distance plus grande, son intensité diminue très-rapidement. Enfin, à 4 ou 500 mètres, il est impossible de distinguer le plus léger bruit, même très-près de la surface de l'eau. Cependant, en plongeant la tête de quelques centimètres, ou en enfonçant un tube plein

d'air, comme je l'ai fait, on entend le bruit fort et distinct de chaque coup, et on l'entend encore à une distance 10 à 20 fois plus grande. Dans ces expériences, la cloche était placée à 2 mètres au-dessous du niveau de l'eau. Il est évident qu'à une distance de 500 mètres les vibrations arrivaient à la surface sous un angle sensible, augmenté encore par la courbure de la terre. Les vibrations qui ont lieu dans l'eau ne se communiquent donc point à l'air, lorsque leur direction rencontre la surface sous un angle assez petit, phénomène analogue à celui que nous présente la lumière à la surface de séparation de deux milieux d'une densité différente.

L'agitation produite par les vagues n'altère point la durée du son ni sa vitesse, lorsqu'on se sert d'un tube pour écouter. La dernière des trois expériences mentionnées plus haut a été faite par un temps orageux. Le vent, faible d'abord, s'était tellement accru qu'on fut obligé de se servir de plusieurs ancres pour maintenir le bateau. Malgré le bruit des vagues, je pouvais distinguer encore assez bien le son de chaque coup, et la durée de sa transmission ne fut point altérée, comme on a pu le voir par le tableau.

Une dernière observation que j'ai faite, se rapporte à l'influence des écrans sur l'intensité du son. Ayant choisi deux stations peu éloignées et situées de manière que la ligne droite qui les joignait rasât l'extrémité d'un mur épais qui s'élevait au-dessus du niveau de l'eau, je fis frapper régulièrement la cloche, et par des coups égaux en intensité. Ecoutant alors avec le tube alternativement de chaque côté de la ligne qui rasait l'extrémité de ce

mur, il m'a paru qu'il y avait une différence d'intensité très-marquée selon que cette extrémité était ou n'était pas interposée entre la cloche et le tube. La transmission du son dans l'eau diffère donc à cet égard de ce qui a lieu dans l'air, et se rapproche du mode de propagation de la lumière. Cette influence d'un écran pour diminuer sensiblement l'intensité du son mérite d'être remarquée, et offre un nouveau point de rapprochement entre les phénomènes de la propagation du son dans les liquides et ceux que l'on observe dans la propagation de la lumière.

---

## Mémoire *sur un Mouvement de rotation dont le système des parties vibrantes de certains corps devient le siége.*

Par M. Félix Savart.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 30 juillet 1827.)

Toutes les fois qu'un corps solide et rigide produit des vibrations sonores, il se divise en plusieurs parties qui font leurs oscillations dans le même temps, et dont le nombre, ainsi que la disposition, dépendent du lieu de l'ébranlement, de la forme même du corps, de sa nature, de ses dimensions et de la position des points de son étendue qu'on a préalablement rendus immobiles. Dans certains cas, on ne peut changer aucune de ces conditions sans que l'arrangement des parties vibrantes soit altéré, et dans d'autres, au contraire, le même arrangement peut avoir lieu quand même une ou plusieurs de ces circonstances viennent à varier. C'est

ainsi, par exemple, que quand on promène un doigt mouillé sur le bord d'une cloche d'harmonica, elle ne laisse pas de se diviser de la même manière et de faire entendre le même son, quoique le lieu de l'ébranlement varie continuellement. Il en est de même d'une lame circulaire dont le centre est immobile; on peut ébranler un point quelconque de sa circonférence sans que le mode de division subisse aucun changement; seulement la position des parties vibrantes varie, parce que le lieu de l'ébranlement doit toujours être le milieu d'une de ces parties; de sorte que, si l'archet, en même temps qu'il est animé d'un mouvement de va-et-vient, tournait tout autour de la lame d'un mouvement uniforme, en restant parallèle à lui-même, les parties vibrantes se déplaceraient en même temps, et elles le suivraient en devenant le siége d'un mouvement de rotation continu. Mais ce qui est bien remarquable, ce mouvement de rotation du système des parties vibrantes peut s'établir, quoique le lieu de l'ébranlement demeure le même, et il semble que pour cela il suffise d'abandonner la lame à elle-même après qu'elle a été mise en vibration.

Je suppose, par exemple, qu'on ait une lame circulaire fixée par son centre, et qu'elle présente l'un des modes de division qui ne sont composés que de lignes nodales diamétrales, l'expérience montre que ces lignes demeurent parfaitement immobiles, tant que l'archet touche le disque; mais que s'il vient à le quitter subitement, ce qui n'empêche pas le mouvement de subsister encore pendant plusieurs secondes, les lignes de repos oscillent autour de la position qu'elles occupaient d'abord, et qu'elles n'y reviennent que quand

le mouvement de vibration est sur le point de cesser. Lorsque le nombre de ces oscillations est assez grand dans un temps très-court, le sable devient un moyen insuffisant pour constater la position variable des lignes nodales, parce qu'il est alors chassé avec trop de violence pour fournir des indications bien nettes; mais on peut lui substituer une poussière fine susceptible d'adhérer légèrement à la surface de la lame, et par conséquent de dessiner le mode secondaire de division : les petits amas qu'elle forme, au milieu de chaque partie vibrante principale, sur la trace de la ligne circulaire secondaire, peuvent être entraînés le long de cette ligne sans se désunir, à cause de l'adhérence que contractent entr'elles les parties qui les composent, et ils indiquent parfaitement la position variable des ventres de vibration, et par conséquent celle des lignes nodales principales. L'amplitude de ces oscillations est d'autant plus considérable qu'on promène l'archet avec plus de vitesse, et qu'on le sépare plus vivement de la lame vibrante, de sorte qu'il peut arriver que l'oscillation soit assez grande pour que les lignes nodales, entraînées au delà du milieu de l'intervalle qui les séparait dans leur première position, soient transportées dans le même sens, jusqu'à ce qu'elles aient parcouru toute l'étendue d'une partie vibrante entière. On conçoit que, parvenues dans cette nouvelle position, elles ne peuvent pas s'y arrêter subitement, et qu'elles doivent osciller de nouveau; c'est aussi ce qui a lieu. Tandis que ces nouvelles oscillations s'exécutent, si l'on vient à donner un second coup d'archet, en ébranlant toujours la lame par le même point de sa circonférence, on déter-

minera les lignes nodales à faire un nouveau pas ; et si les coups d'archet se suivent à des intervalles réglés, on verra les petits amas de poussière passer successivement par tous les ventres de vibration, s'y arrêter un instant, pour se porter ensuite sur la partie vibrante voisine ; mais si l'on multiplie vivement les coups d'archet, le milieu de chaque ventre de vibration cesse d'être indiqué par la stagnation momentanée de la poussière, et le système des parties vibrantes devient le siége d'un mouvement de rotation qui est indiqué par un courant continu de poussière, ressemblant à un petit nuage affectant la forme d'un anneau.

Le sens de ce mouvement est subordonné à des circonstances que je n'ai pas pu saisir ; tantôt les ondulations des parties vibrantes se propagent de droite à gauche, tantôt de gauche à droite. Seulement j'ai remarqué que, pour l'entretenir, lorsqu'il était une fois produit, il ne fallait pas remonter l'archet en touchant exactement le même point de la circonférence de la lame contre lequel il frottait en descendant, et qu'il fallait le reporter un peu à droite ou un peu à gauche, en le ramenant ensuite à sa première position lorsqu'on le faisait redescendre.

On peut constater l'existence de ce transport circulaire du système des parties vibrantes par un autre procédé qui consiste à faire tomber les rayons du soleil sur une lame de métal assez bien polie pour qu'elle puisse réfléchir la lumière, et tracer sa propre image sur une surface plane disposée à une distance et dans une situation convenables. Lorsque la lame est en repos, l'image qu'elle renvoie présente un contour elliptique

régulier, et elle se transforme, quand les vibrations s'établissent, en une espèce d'étoile dont les pointes correspondent à chaque rayon nodal, et dont les parties rentrantes correspondent aux ventres de vibration. Si alors le mouvement oscillatoire vient à s'établir, les pointes de l'image oscillent en même temps; et quand le mouvement de rotation a lieu, l'image semble se mouvoir circulairement, et quelquefois avec une si grande vitesse que, l'œil ne pouvant plus saisir isolément les différentes positions par lesquelles elle passe, son contour paraît de nouveau elliptique. Il résulte de là que ce déplacement des inflexions de la lame est beaucoup plus rapide qu'on n'aurait pu le penser, si l'on se fût borné à n'en juger que par la vitesse du courant de poussière. L'on conçoit en effet que quand on fait usage de ce dernier procédé, il doit s'établir entre la lame et les parcelles mêmes de poussière une espèce particulière de frottement qui doit diminuer beaucoup la vitesse de ce courant, et la rendre bien inférieure à la vitesse réelle du déplacement des parties vibrantes: aussi observe-t-on que plus la poussière est légère, plus le courant qu'elle forme se meut rapidement, surtout quand elle est de nature à n'adhérer que très-peu à la surface de la lame.

Quant à la position même que le courant occupe, elle dépend de celle de la ligne circulaire secondaire sur laquelle la poussière tend à se réunir : ainsi, plus le nombre des diamètres augmentera, plus le courant se rapprochera du bord de la lame.

Il ne paraît pas que le nombre plus ou moins considérable des parties vibrantes influe sur la facilité avec

laquelle le mouvement d'oscillation et de rotation peut s'établir : on l'observe lorsque la circonférence de la lame se divise en quarante ou cinquante parties vibrantes, de même que quand elle ne se partage qu'en un bien moindre nombre. Il se produit aussi facilement dans les lames d'un petit diamètre que dans celles qui ont de grandes dimensions. Il peut aussi exister lorsque le mode de division se compose de lignes diamétrales coupées par une ou plusieurs lignes circulaires ; mais alors les lignes de cette dernière espèce restent fixes, et il peut arriver que les parties vibrantes qui sont en dedans d'une ligne circulaire affectent un mouvement de rotation, tandis que celles qui sont en dehors restent immobiles : le contraire peut aussi avoir lieu, et il peut également se faire qu'elles tournent toutes à la fois, mais toujours dans le même sens. Dans ce dernier cas, la poussière forme autant de courans qu'il y a de lignes circulaires apparentes dans le mode secondaire de division ; et tous ces courans sont animés de vitesses différentes, ceux qui sont les plus voisins du centre de la lame se mouvant beaucoup plus rapidement que les autres.

La condition essentielle de la production de ce mouvement consistant en ce que les parties vibrantes puissent se déplacer sans qu'il y ait altération dans le nombre des vibrations, on conçoit qu'on ne pourra l'exciter dans les lames circulaires que lorsqu'elles présenteront des lignes nodales diamétrales, soit seules, soit coupées par des lignes circulaires ; et il est clair qu'il deviendra tout-à-fait impossible pour les lames carrées, triangulaires, etc., dont les parties vibrantes

ne peuvent pas changer de place sans qu'il survienne aussi un changement dans le nombre des vibrations. Mais on pourra l'exciter dans les anneaux et les timbres, ainsi que dans les cloches proprement dites, parce que ces divers corps peuvent produire le même mode de division, et par conséquent le même nombre de vibrations, quel que soit le point de leur contour qu'on choisisse pour le lieu de l'ébranlement. Les membranes circulaires en sont également susceptibles, même quand elles sont ébranlées par communication, et que le corps sonore d'où partent les ondes excitées dans l'air reste dans la même position. Pour parvenir à faire cette dernière expérience, il faut remarquer qu'une membrane qui vibre par communication peut, lorsqu'on l'ébranle de très-près, non-seulement renforcer le son du corps qui la met en jeu, mais encore produire un son distinct de celui du corps qui lui communique le mouvement, quoique les sons des deux corps demeurent toujours à l'unisson : c'est dans ce dernier cas qu'une membrane devient très-facilement le siége du mouvement de rotation des parties vibrantes. La poussière qu'on y répand, animée du mouvement tangentiel, forme alors des espèces de courans qui circulent avec beaucoup de vitesse, et quelquefois dans des sens très-divers, mais seulement quand la tension de la membrane est inégale.

Lorsque le changement de position des parties vibrantes est borné à de simples oscillations, l'oreille est avertie de leur existence par des alternatives dans l'intensité du son. Ces alternatives ont été remarquées depuis long-temps dans les timbres, et particulièrement

dans les cloches, mais sans qu'on sût à quoi les attribuer. On peut se convaincre qu'elles dépendent des oscillations des parties vibrantes en versant un peu d'eau dans un timbre qu'on ébranle avec un archet : on remarque que les rides formées à la surface de ce liquide, vis-à-vis chaque ventre de vibration, sont le siége d'oscillations qui coïncident avec les alternatives d'intensité du son, et que le plus grand renforcement a lieu lorsque les parties vibrantes atteignent la limite de leur excursion dans un sens, tandis que la moindre intensité a lieu lorsqu'elles atteignent la limite opposée. Relativement à l'organe de l'ouïe, l'effet est le même que si les parties vibrantes restaient immobiles par rapport au corps sonore, et que ce corps produisît lui-même des oscillations autour d'un point fixe. Quand le mouvement de rotation s'établit, les alternatives d'intensité disparaissent complètement, et alors le son revêt un caractère particulier, sans qu'on puisse apprécier s'il est plus intense que quand les parties vibrantes sont fixes : j'ai seulement cru remarquer qu'il était moins pur. Mais ce qui n'est pas douteux, c'est qu'il devient plus aigu, et d'autant plus que le système des parties vibrantes tourne plus rapidement : quand le nombre des vibrations est peu considérable et que le corps a de grandes dimensions, le son peut s'élever presque d'un ton.

---

# De *quelques Phénomènes électriques produits par la pression et le clivage des cristaux.*

Par M. Becquerel.

( Lu à l'Académie royale des Sciences le 6 août 1827. )

J'eus l'honneur de lire à l'Académie, il y a quelques années, un Mémoire sur le développement de l'électricité par la pression. Ce mode d'action, qui est beaucoup plus simple que le frottement, est modifié, comme on devait s'y attendre, par l'état hygrométrique des corps, leur température, le degré de pression et la vitesse de séparation. Les résultats auxquels je fus conduit me mirent à même de rapprocher des phénomènes électriques de pression, ceux qu'on obtient en clivant le mica et la chaux sulfatée, et d'établir un rapport entre les intensités électriques et les pressions correspondantes; aucune expérience n'avait encore été faite sur les lois du développement de l'électricité par le frottement ou la pression, les physiciens ne s'étant occupés jusqu'ici que de découvrir les moyens de mettre en mouvement le principe électrique, et de déterminer les circonstances dans lesquelles ce phénomène était modifié, sans chercher à en mesurer les effets.

Des recherches de ce genre exigeaient un appareil à l'aide duquel je pus mesurer l'intensité de l'électricité dégagée par la pression, et qui me permit de varier à volonté les causes qui concouraient à ce développement. Une balance électrique convenablement disposée a rempli ce but; mais comme les forces que j'avais à me-

surer étaient souvent très-faibles, j'ai dû prendre pour fil de torsion un fil fin de platine, tiré à la manière de M. Wollaston. Muni de cet instrument, j'ai reconnu que dans les corps peu conducteurs de l'électricité et en employant une vitesse de séparation convenable, l'intensité de l'électricité dégagée était proportionnelle à la pression, c'est-à-dire que pour une pression double, l'intensité était double. Cette loi diminue sans doute dans les pressions élevées à mesure que les molécules perdent de la faculté de se comprimer, ou que les surfaces de contact s'altèrent trop pour que les résultats soient comparables. En soumettant à la pression d'un même corps diverses substances minérales, j'en ai déduit le rapport de leurs facultés électriques. C'est ainsi que j'ai observé que dans la chaux sulfatée en lames, la puissance électrique était trois fois moindre que dans le spath d'Islande. Les corps, bien entendu, avaient la même température, le même état hygrométrique, et leurs surfaces le poli que donne le clivage.

Dans le travail que je me suis proposé sur les phénomènes électriques de pression, je n'ai nullement eu en vue de rechercher s'ils étaient dus à une autre cause que celle qui produit le dégagement de l'électricité par le frottement. Mon but a été de voir comment la pression, que l'on peut regarder comme un des élémens du frottement, influe sur ce dégagement. Le frottement effectivement étant une suite non interrompue de pressions, l'intensité électrique qui en résulte doit être égale à la somme des quantités d'électricité dues à ces pressions successives, moins celles qui se sont recom-

binées pour former de l'électricité naturelle pendant la durée infiniment petite de chaque pression. Ce mode d'action est donc un phénomène plus composé que la pression, au sortir de laquelle chaque corps emporte avec lui la quantité d'électricité proportionnelle à son intensité. D'après cet exposé, on voit combien il est important d'étudier les phénomènes électriques de pression.

J'ai déjà prouvé que lorsque deux corps sont sous l'action d'une pression quelconque, si celle-ci vient à diminuer de moitié sans que le contact change, l'effet de la pression perdue subsiste encore pendant un certain temps, dont la durée dépend du degré de conductibilité de chaque corps, de sorte que, si on les retire de la compression, chacun d'eux emporte un excès d'électricité plus grand que celui dû à la pression restante. Ce fait a été vérifié avec exactitude. Maintenant, au lieu de séparer les corps lorsque j'ai diminué la pression, je leur rends celle qui a été enlevée et je répète plusieurs fois ce mode d'action. Voici ce que l'expérience donne, en opérant, par exemple, avec un disque de liége et un cristal de spath d'Islande : les deux corps sont d'abord sous la pression de 4 kilogrammes; on la réduit à moitié et on les sépare une minute après; l'intensité électrique acquise par le disque de liége est représentée par 170, tandis que si la séparation eût eu lieu pendant la pression de 4 kilogrammes, elle aurait été de 250; donc l'effet produit par la pression perdue subsiste encore en partie, car sans cela on aurait eu $\frac{250}{2}$ ou 125. Maintenant, au lieu de séparer les corps, je rends la pression de 2 kilog. qui a été enlevée et je

répète plusieurs fois ce jeu alternatif de pressions moindres et de pressions plus considérables. En définitive, on trouve que le disque de liége ne possède que l'intensité 250, relative à la pression la plus forte.

Il résulte donc de là ce fait important, que lorsqu'on presse deux corps l'un contre l'autre, dont l'un est mauvais conducteur de l'électricité, et que l'on augmente ou l'on diminue un certain nombre de fois la pression, en conservant toujours le même contact, chacun des corps, en sortant de la compression, n'emporte jamais avec lui que la quantité d'électricité relative à la pression la plus forte, quoiqu'il y ait eu de légers frottemens entre les molécules. Ainsi son effet est de compléter à chaque corps la quantité d'électricité qu'il doit avoir en raison de cette dernière action.

### *De l'Électricité dégagée dans le clivage des corps régulièrement cristallisés.*

Un grand nombre de faits montrent que lorsqu'il y a adhérence entre deux corps, par suite d'une attraction réciproque entre les surfaces, et que l'un d'eux n'est pas bon conducteur de l'électricité, ils prennent chacun un excès d'électricité contraire au moment de leur séparation. Par exemple, le verre, la gomme laque, etc., plongés dans le mercure, y exercent une certaine adhérence : vient-on à les en retirer, ils se trouvent avoir acquis un excès d'électricité, dont l'espèce dépend de circonstances particulières que M. Dessaignes a décrites avec soin.

La gomme laque, fondue et versée sur le verre, y contracte de l'adhérence, comme on sait; en les sépa-

rant, ils prennent chacun un excès d'électricité contraire.

Il est infiniment probable que le verre, la gomme laque et d'autres corps plongés dans l'eau, en sortiraient électrisés si les molécules du liquide ne s'attachaient pas à leur surface, c'est-à-dire si l'affinité de l'eau pour ces corps ne l'emportait pas sur celle des molécules entr'elles.

De même, dans les expériences électriques de pression, on obtient toujours un développement d'électricité d'autant plus considérable qu'il y a eu une adhérence plus forte entre les corps pressés. Par exemple, en retirant de la compression deux morceaux de liége, on éprouve quelquefois une légère résistance; le dégagement d'électricité est alors plus considérable que s'il n'y avait pas eu d'adhérence.

C'est surtout quand on presse le liége ou la moelle de sureau sur une facette de diamant parfaitement polie, que l'on observe de semblables effets. Quelques physiciens les ont attribués au frottement que les molécules éprouvent au moment de la séparation des corps : cette explication ne paraît pas fondée, car l'expérience précédente prouve évidemment que les frottemens partiels qu'éprouvent les molécules, quand on vient à diminuer la pression, n'ont aucune influence pour modifier le dégagement de l'électricité; l'élasticité est donc une cause principale des effets.

Les phénomènes électriques de pression et ceux de clivage ont de grands rapports entr'eux; car, lorsqu'on sépare brusquement des lames de mica ou de chaux sulfatée, chacune d'elles emporte un excès d'électricité

contraire. Si on les rapproche de nouveau en les remettant dans la même position où elles se trouvaient avant leur séparation et exerçant une légère pression, on obtient encore les mêmes phénomènes électriques quand on les sépare. On voit donc que la pression qui opère un rapprochement mécanique des molécules, produit les mêmes effets que la force d'agrégation, qui détermine seulement un contact plus immédiat des mêmes molécules. Ces phénomènes n'ont pas lieu indéfiniment; car l'exposition à l'air des lames nouvellement clivées leur enlève assez promptement la propriété électrique, peut-être à cause de l'eau hygrométrique qu'elles absorbent.

Toutes les substances régulièrement cristallisées jouissent de la même propriété que le mica et la chaux sulfatée. Je l'ai vérifiée sur le spath d'Islande, la baryte sulfatée, la chaux fluatée, la topaze, etc. Il est essentiel pour cela que le cristal soit clivé nettement; car, lorsqu'il est brisé ou fracturé, il ne se manifeste aucun effet électrique; on conçoit effectivement que si le clivage n'est pas net, il y a des lames qui prennent une électricité, et d'autres une électricité contraire; il arrive alors que la somme de toutes ces électricités peut être nulle; c'est ce qu'on observe le plus souvent.

La topaze n'offre qu'un sens de clivage, celui perpendiculaire à l'axe du cristal, suivant lequel se fait la distribution de l'électricité, quand on élève la température de cette substance à un certain degré. La supposition la plus naturelle qui se présente à l'idée, c'est que les lames, se trouvant dans deux états électriques différens au moment de leur séparation, peuvent être

considérées comme les élémens d'une pile. Or, les choses ne se passent pas ainsi ; car il faudrait que les lames, semblablement placées par rapport à un des sommets du cristal, prissent toujours la même électricité par le clivage ; ce qui n'est pas, puisqu'on obtient tantôt une électricité, tantôt une autre; ainsi l'espèce d'électricité dépend de circonstances particulières au clivage, et non de la position des lames ; il se passe donc, au moment où il s'effectue, un ébranlement dans les molécules qui détermine chaque surface à prendre telle ou telle espèce d'électricité.

Telles sont les observations que j'ai pu faire jusqu'à présent sur deux classes de phénomènes qui ont entre eux un grand nombre de points de contact, et dont l'étude intéresse les sciences physiques.

---

## Recherches *chimiques sur la Tourmaline.*

Par Mr C. G. Gmelin.

Jusqu'a l'année 1818, on n'avait fait que des essais infructueux pour expliquer les caractères qui distinguent la tourmaline des autres minéraux. Breithaupt chercha à prouver, d'après des considérations théoré-tiques, que l'acide borique était un principe constituant de ce minéral. Suivant lui, la boracite, la tourmaline, l'anatase, l'axinite, appartiennent à une même famille qu'il a appelée *la famille des schorls*, quoique ces espèces minérales n'aient pas le même système

cristallin. A sa prière, Lampadius rechercha l'acide borique dans la tourmaline et l'axinite, et y fit en effet la découverte de cet acide, qui fut bientôt constatée par les chimistes. Cependant il est incontestable que la première découverte de l'acide borique dans la tourmaline appartient à un apothicaire de Brünn, nommé *Petke*. Il avait trouvé, dès l'année 1804, six pour cent d'acide borique dans le schorl rouge de la montagne Hradisko, près de Rôsna. Au reste, il n'est pas étonnant que l'acide borique ait long-temps échappé aux recherches des chimistes. S'il n'est pas difficile de le découvrir lorsqu'il est en grande quantité dans un minéral, il l'est beaucoup de le doser exactement. On ne connaît aucun sel de cet acide qui soit complètement insoluble dans l'eau, et l'on sait qu'il se volatilise avec l'eau et l'alcool. Aussi Berzelius et l'auteur de ce Mémoire n'avaient-ils point réussi à trouver l'acide borique dans la tourmaline de Käringbricka en Suède, dans laquelle il existe cependant.

Dans les analyses qui suivent, on s'est toujours servi du procédé qui va être décrit pour doser l'acide borique.

Le minéral réduit en poudre fine a été mêlé avec du carbonate de baryte et chauffé fortement. La masse a ensuite été traitée par une quantité d'acide muriatique suffisante pour tout dissoudre, et la dissolution évaporée sur un bain de sable jusqu'à siccité. M. Gmelin s'était assuré, par des expériences directes, qu'à cette température la quantité d'acide borique qui se volatilise est si petite qu'on peut la négliger sans erreur sensible. La silice a été obtenue de la manière accou-

tenue en traitant par l'eau le résidu de l'évaporation. On a versé du carbonate d'ammoniaque dans la liqueur, et après l'avoir filtrée et évaporée à sec, on a chauffé graduellement le résidu jusqu'au rouge faible. De cette manière, on n'a pu perdre d'acide borique, puisqu'il était combiné avec l'ammoniaque, et que pendant la calcination au rouge il ne pouvait se développer aucune vapeur aqueuse acide, comme dans la décomposition du sulfate d'ammoniaque. Le résidu, après avoir été pesé, a été arrosé avec de l'alcool mêlé d'un peu d'acide muriatique, et l'alcool séparé, on y a mis le feu. On a répété la même opération jusqu'à ce qu'on n'ait plus aperçu la moindre trace de vert autour de la flamme. On a ainsi obtenu tout l'acide borique qui avait été combiné avec l'ammoniaque, et qui en avait ensuite été séparé par la chaleur. Le résidu, rougi de nouveau et pesé, a fait connaître, par sa perte de poids, la quantité d'acide borique.

M. Gmelin fait lui-même plusieurs objections contre son procédé, mais qu'il montre n'être pas très-fondées. Toutefois il ne regarde les quantités d'acide borique qu'il a trouvées que comme des approximations. Le procédé qui consisterait à séparer l'acide borique au moyen du spath-fluor et de l'acide sulfurique, lui paraît encore plus incertain que celui qu'il a employé. Il regarde, au contraire, le procédé suivant comme méritant d'être employé sous plusieurs rapports. On fait rougir le minéral avec du carbonate de soude; on traite la masse par l'eau, et on sépare la silice et l'alumine par digestion avec le carbonate d'ammoniaque. On sursature d'acide sulfurique la masse évaporée à sec, on dissout l'acide borique par l'alcool, on sature avec

l'ammoniaque, on évapore et on fait rougir. Cependant il se dégage durant la calcination une vapeur aqueuse acide, qui peut produire une perte en acide borique.

M. Gmelin a divisé les tourmalines en trois groupes : 1° tourmalines qui contiennent de la lithine; 2° tourmalines qui contiennent de la potasse ou de la soude, ou les deux ensemble, sans lithine et sans une quantité remarquable de magnésie; 3° tourmalines qui contiennent une quantité considérable de magnésie, avec un peu de potasse ou de potasse et de soude. La quantité du fer varie considérablement; quelques tourmalines en contiennent à peine une trace, tandis que d'autres en contiennent beaucoup. On aurait pu partir de cette différence pour faire de nouvelles divisions; mais il eût été difficile de tracer les limites, et M. Gmelin n'a pas jugé nécessaire de s'en occuper.

*Tourmalines qui contiennent de la lithine.* Trois espèces ont été analysées : I. Tourmaline rouge de Rôsna en Moravie; densité 2,96 à 3,02. II. Tourmaline rouge de Perm en Sibérie; densité 3,059 à 10°. III. Tourmaline d'un vert céladon du Brésil; densité 3,079 à 10°.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Acide borique..... | 5,74 | 4,18 | 4,59 |
| Silice............ | 42,13 | 39,37 | 39,16 |
| Alumine.......... | 36,43 | 44,00 | 40,00 |
| Oxidul-oxide de fer. | ..... | ..... | 5,95 |
| Oxide de manganèse. | 6,32 | 5,02 | 2,14 |
| Chaux............ | 1,20 | | |
| Potasse........... | 2,41 | 1,29 | |
| Lithine........... | 2,04 | 2,52 | 3,59 avec potasse. |
| Substances volatiles. | 1,31 | 1,58 | 1,58 |
| | 97,58 | 97,96 | 97,02. |

*Tourmalines qui contiennent de la potasse ou de la soude, ou les deux ensemble, sans lithine et sans une quantité remarquable de magnésie.* Les espèces suivantes ont été analysées : I. Tourmaline noire de Bovey en Devonshire, qu'on trouve avec du quarz et du phosphate de chaux ; densité 3,246 à 10°. II. Tourmaline noire de Eibenstock en Saxe ; densité 3,123 à 10°. III. Tourmaline verte de Chesterfield, dans l'Amérique du Nord ; densité 3,102 à 10°.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Acide borique.... | 4,11 | 1,89 | 3,88 |
| Silice........... | 35,20 | 33,05 | 38,80 |
| Alumine......... | 35,50 | 38,23 | 39,61 |
| Oxidul-oxide de fer. | 17,86 | ..... | 7,43 |
| Protoxide de fer... | ..... | 23,86 | |
| Oxide de manganèse | 0,43 avec magnésie. | ..... | 2,88(2) |
| Magnésie......... | 0,70 avec mangan. | | |
| Chaux........... | 0,55 | 0,86 | |
| Soude........... | 2,09 | 3,17(1) | 4,95 |
| Perte au feu...... | ..... | 0,45 | 0,78 |
| | 96,44 | 101,51 | 98,33 |

*Tourmalines qui contiennent une quantité considérable de magnésie.* Quatre espèces ont été analysées : I. Tourmaline noire de Käringbricka, province de Westmanland en Suède ; densité 3,044 à 12°. II. Tourmaline noire de Rabenstein en Bavière ; densité 3,113 à 16°. III. Tourmaline noire du Groënland ; densité

(1) Avec potasse et traces de magnésie.

(2) Avec traces de magnésie.

3,062 à 7°. IV. Tourmaline d'un brun foncé, dans le schiste micacé du Saint-Gothard.

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| Acide borique..... | 3,83 | 4,02 | 3,63 | 4,18 |
| Silice........... | 37,65 | 35,48 | 38,79 | 37,81 |
| Alumine.......... | 33,46 | 34,75 | 37,19 | 31,61 |
| Magnésie......... | 10,98 | 4,68 | 5,86 | 5,99 |
| Oxidul-oxide de fer. | 9,38 | 17,44 | 5,81 | 7,77 |
| Oxide de manganèse. | ..... | 1,89 | traces. | 1,11 |
| Potasse.......... | 2,53 (Potasse et Soude) | 0,48 | 0,22 | 1,20 |
| Soude............ | | 1,75 | 3,13 | |
| Chaux............ | 0,25 | traces. | ..... | 0,98 |
| Perte au feu...... | 0,03 | ..... | 1,86 | 0,24 |
| | 98,11 | 100,49 | 96,48 | 90,89. |

La perte, dans la dernière analyse est considérable, et M. Gmelin ne sait à quoi l'attribuer, quoiqu'il ait mis dans cette analyse tout le soin possible. Il avoue que la tourmaline du Saint-Gothard mérite un nouvel examen, d'autant plus que Bucholz, dans l'analyse du même minéral, a éprouvé une perte encore plus considérable.

M. Gmelin s'est ausssi servi, pour reconnaître la présence de l'acide borique, du procédé décrit par le Dr Turner, lequel consiste à mêler, à peu près à parties égales, la poudre du minéral avec un flux composé de 1 partie de spath-fluor et $4\frac{1}{2}$ de bi-sulfate de potasse, et à la fondre au chalumeau sur le fil de platine. Au moment de la fusion, la flamme prend une couleur verte, mais elle la perd aussitôt. M. Gmelin a découvert facilement, par ce procédé, l'acide borique

dans toutes les tourmalines ; quant à l'anatase, il lui a été impossible d'y réussir. Il ne doute nullement, d'après l'intensité de la couleur verte de la flamme, que la lépidolithe de Rôsna et d'Utö, la pinite de la vallée de Mulde, près de Penig, et le mica d'un granite graphique de Sibérie, ne contiennent de l'acide borique. D'autres minéraux lui ont aussi donné une couleur verte, mais trop incertaine pour ne pas l'attribuer au flux employé, qui en effet en donne une faible quand on le chauffe dans l'obscurité. Plusieurs minéraux traités par la voie humide, d'après les indications du chalumeau pour déterminer la quantité d'acide borique qu'ils étaient supposés contenir, en ont donné effectivement, mais trop peu pour l'apprécier à la balance : tels sont le mica argentin (*silberfarbenen*) de Fahlun et la pinite de la vallée de Mulde. M. Gmelin attribue en grande partie la perte de 4 pour cent qu'il avait trouvée précédemment dans l'analyse de la lépidolithe à la présence de l'acide borique.

(*Aus den Wurtemb. naturwissenschaft. Abhandl.* I. 225.)

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi 1er octobre 1827.*

M. Julia Fontenelle dépose sur le bureau une tête très-bien conservée d'un habitant de la Nouvelle-Hollande.

M. Latreille rend le compte le plus favorable de la

Monographie de la tribu des zygénides (ordre des lépidoptères), que M. Bois-Duval avait présentée.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire fait ensuite un rapport aussi très-avantageux sur une Notice de M. Rambur, médecin à Ingrandes, concernant un enfant monstrueux.

M. Poisson lit un Mémoire sur les Vibrations des corps sonores.

M. Cauchy annonce qu'il a fait des recherches semblables.

MM. Milne Edwards et Audoin présentent des Recherches anatomiques sur le système nerveux des crustacés.

M. Cagniard de Latour expose les résultats de diverses expériences nouvelles qu'il a faites sur les vibrations des corps sonores.

*Séance du lundi* 8 *octobre.*

M. Tournal communique quelques détails sur les cavernes à ossemens du département de l'Aude.

Le D[r] Thomas Young remercie l'Académie, qui l'a nommé récemment associé étranger. Le Préfet de Seine-et-Marne demande s'il est nécessaire de conserver la demi-lune qui existe autour de l'extremité boréale de la base de Melun. M. Rousseau, de Coucy-le-Château, adresse un Mémoire sur le Perfectionnement du Forceps. M. Parseval remet un Supplément à son dernier Mémoire d'analyse. M. de Senne soumet un travail qu'il a fait sur une opération de trachéotomie.

M. Magendie rend un compte avantageux d'un Mé-

moire de M. Breschet concernant l'Anévrisme faux consécutif du cœur et l'Anévrisme vrai des artères.

M. Mirbel fait un rapport verbal favorable sur la Partie botanique du voyage de M. Freycinet, rédigée par M. Gaudichaud.

M. Frédéric Cuvier lit l'Extrait d'un travail qu'il a fait sur le développement des épines du porc-épic.

M. Cagniard continue à exposer ses Recherches sur les vibrations sonores.

*Séance du lundi 15 octobre.*

M. Julia Fontenelle adresse un paquet cacheté.

M. Delafuge présente un manuscrit intitulé : *Nouvelle Jérusalem apocalyptique.* M. Joseph Anastasi envoie un Mémoire de Mécanique-pratique.

L'Académie a entendu ensuite : Un Mémoire de M. Binet sur la Résolution des équations indéterminées du premier degré ; des Recherches de M. Despretz sur la Chaleur dégagée dans la combustion ; un Mémoire de M. Gasparin intitulé : *Des Climats européens* ; des Recherches de M. Desvoidy sur l'Organisation vertébrale des crustacés, des arachnides et des insectes ; et un Travail de M. Delpech sur la Résection de l'os maxillaire inférieur.

*Séance du lundi 22 octobre.*

M. Champie adresse en manuscrit quelques Propositions nouvelles de géométrie ; M. Sérullas annonce avoir formé un bromure d'arsenic.

M. Cordier rend un compte verbal très favorable de

l'Essai géologique sur les environs d'Issoire, que MM. Devèse et Bouillet ont publié.

M. Lacroix, au nom d'une Commission, lit l'analyse du Mémoire présenté par M. Binet sur la Détermination de l'orbite des comètes. Le Mémoire n'a pas été approuvé.

M. Savart donne lecture de l'extrait d'un Mémoire sur l'Élasticité des corps.

M. Despretz communique quelques nouvelles Expériences sur la Chaleur dégagée dans la combustion.

M. Cagniard de Latour présente le résumé de ses expériences sur ce qu'il appelle les chocs solides des cordes.

Sur l'avis affirmatif de la Section de Physique, l'Académie décide qu'il y a lieu à procéder au remplacement de M. Fresnel.

*Séance du lundi 29 octobre.*

M. Coste, capitaine d'artillerie, annonce l'envoi d'un Travail où l'on trouvera diverses expériences de mécanique. M. Fossard adresse un ouvrage manuscrit intitulé : *Utilité de l'horlogerie.*

L'Académie a entendu le compte favorable que M. Mirbel a rendu de l'ouvrage de M. Despréaux intitulé : *Essai sur les Laminaires des côtes de la Normandie*; et un Rapport de M. Cordier concernant les recherches que M. Marcel de Serres a faites sur les volcans éteints du midi de la France.

Sur l'avis affirmatif de la Section de Géométrie, l'Académie décide, au scrutin, qu'il n'y a pas lieu à procéder au remplacement de M. de Laplace.

M. Payen lit une Note relative à un nouveau Borate de soude cristallisé, et à son emploi dans les arts.

La Section de Physique a présenté ensuite, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place vacante dans son sein :

MM. Savart ; Becquerel ; Cagniard de Latour ; Pouillet ; Despretz.

*Séance du lundi 5 novembre.*

M. Bernier envoie un Mémoire sur les Moyens de descendre au fond de l'eau.

L'Académie procède au scrutin pour l'élection d'un membre ; sur 49 votans, M. Savart réunit 29 voix ; M. Cagniard de Latour 9 ; M. Pouillet 6 ; M. Despretz 5.

D'après l'avis d'une Commission, on écrira au Ministre de l'Intérieur pour le prier d'insister sur la conservation de la demi-lune qui entoure l'extrémité boréale de la base de Melun.

M. Cordier rend compte d'un Mémoire sur les Eaux thermales présenté par M. Gendrin.

Il résulte de ce Mémoire, comme on devait s'y attendre et comme on l'avait d'ailleurs prouvé déjà, que les eaux thermales et l'eau ordinaire se refroidissent de la même manière. L'opinion contraire, quelque répandue qu'elle soit, est donc un préjugé.

M. Cauchy présente de nouvelles Propositions fondamentales sur le calcul des résidus.

M. Adolphe Brongniart lit un Mémoire contenant de nouvelles observations sur les granules spermatiques des végétaux.

M. Girard annonce que le Mémoire présenté dernièrement par M. Anastasi, ne mérite aucun examen.

M. Raspail présente des Observations sur les mouvemens des cils des verticelles.

---

## Note *sur les Eaux thermales de Bourbon-Lancy, département de Saône-et-Loire, et sur leurs principes constituans.*

Par M. Puvis, Ingénieur des Mines.

L'extrême précision dans les moyens actuels d'analyse chimique et le grand nombre d'eaux minérales qui y ont été soumises récemment, ne peuvent manquer de jeter beaucoup de jour sur les effets de ces eaux pendant long-temps mystérieux ; je ne crois pas pourtant qu'on ait profité autant qu'on l'aurait pu des lumières que la chimie a apportées sur ce sujet, pour présenter une classification méthodique des eaux minérales, et dissiper l'obscurité dans laquelle sont encore enveloppés les effets de la plupart d'entr'elles.

Cette tâche semblerait appartenir naturellement aux hommes de l'art placés par le Gouvernement, comme inspecteurs près les diverses Eaux minérales, et chargés d'en surveiller l'emploi ; malheureusement, quoique gens de mérite, et quelques-uns même d'un mérite très-distingué, leur zèle pour les établissemens à la tête desquels ils sont placés, le désir qu'ils ont de voir

ces établissemens acquérir de la vogue ; cette complaisance involontaire pour l'objet avec lequel on s'identifie, qui leur fait souvent fermer les yeux sur les résultats fâcheux, et remarquer avec exagération les effets salutaires ; toutes ces causes doivent les rendre peu propres à embrasser sous un point de vue impartial l'ensemble des propriétés des diverses eaux, à les classer convenablement, à désigner pour chacune son emploi spécial et à lui réserver ses vertus caractéristiques, si tant est que les diverses eaux aient nécessairement toutes des propriétés essentielles distinctes : on ne peut disconvenir que l'usage des eaux déjà très-répandu ne gagnât beaucoup à un examen approfondi de ces matières. En attendant qu'il se présente un homme instruit et impartial pour s'en occuper, mettre à profit ce qui a été fait, coordonner les observations nouvelles, on ne peut mieux faire que de chercher à augmenter les matériaux de son travail en multipliant les faits, et l'on ne saurait dès-lors trop applaudir au zèle des chimistes qui depuis quelques années éclairent la route en appesantissant leurs recherches sur la composition des eaux.

Espérons qu'avec le temps nous verrons l'attention se porter de plus en plus sur l'emploi des eaux thermales, et que les hommes viendront à sentir tout le prix de ce puissant moyen de guérison : quand on considère en effet l'immense usage qu'en faisaient les anciens, on ne peut guère douter que la médecine actuelle ne trouvât utile de les employer beaucoup plus qu'elle ne le fait, si l'organisation rétrécie de nos thermes n'y mettait obstacle . il reste beaucoup à faire pour

amener nos établissemens thermaux au point où ils rendraient tous les services que l'humanité réclame, non que je demande qu'ils arrivent au degré de splendeur où les avaient portés les Romains, ce qui ne serait guère possible avec les ressources et les besoins des Gouvernemens modernes, et ce que nos usages ne rendent d'ailleurs point nécessaire.

Parmi les nombreux monumens que les Romains élevèrent dans les Gaules, quelques temples, quelques arcs de triomphe, quelques aqueducs ont vaincu les siècles et restent encore debout : il n'en est pas de même des thermes qu'ils répandirent avec profusion sur tous les points où ils rencontrèrent des sources thermales, et même dans les lieux où la nature leur refusait ce bienfait : de cette multitude de beaux édifices que l'usage des bains, universel chez eux, leur rendait indispensables, et qui portaient l'empreinte de la solidité habituelle de leurs travaux, de quelques-unes de ces villes mêmes qu'ils bâtirent autour des bains, comme à Néris, au Mont-d'Or, etc., on n'a trouvé, à la renaissance de la civilisation, que quelques vestiges ensevelis sous des monceaux de décombres ; sans doute, les peuples barbares qui inondèrent les Gaules durent négliger ces monumens, qu'ils ne considéraient que comme un vain luxe ; sans doute alors ces monumens n'ont pu se conserver entiers en traversant seize à dix-sept siècles ; mais la destruction porte ici un caractère qu'elle ne doit pas uniquement au temps; sur certains points, comme à Néris, elle atteste qu'on n'en peut concevoir les effets qu'en supposant qu'elle ait été secondée par un fanatisme furieux.

Heureusement quelques parties importantes des thermes antiques, par leur nature même à l'abri des ravages des Barbares, ont échappé à la destruction ; c'est ainsi qu'à Bourbon-Lancy, un superbe bassin, des puits, des galeries souterraines, respectés par le temps, ont été retrouvés presque intacts, à moitié ensevelis sous les ruines.

Les sources thermales surgissent à une demi-lieue de la Loire, au pied d'une colline sur laquelle est bâtie la petite ville de Bourbon-Lancy.

Cette ville, quoique dans une position assez élevée, d'où les regards embrassent au loin le bassin de la Loire, est cependant d'un accès facile ; elle se trouve placée à la jonction de plusieurs routes dont les plus importantes sont celles de Moulins et d'Autun.

Elle pourrait offrir toutes les ressources désirables à de nombreux baigneurs ; mais comme tout est mode, ces eaux, assez renommées à d'autres époques, ont maintenant peu de vogue ; aussi le bâtiment thermal, quoique construit récemment, n'offre-t-il que peu de développement ; l'hôpital bâti dans le voisinage est d'ailleurs mesquinement doté et ne pourrait recevoir qu'un petit nombre d'infirmes.

La colline de Bourbon-Lancy a pour base une roche quartzeuse jaunâtre sans stratification apparente, mais remplie de fissures et de joints irréguliers : cette roche change graduellement de nature et de structure à mesure qu'on s'éloigne de Bourbon-Lancy au S.-E., et elle finit par se transformer en une roche schisteuse noirâtre à feuillets courts, recoupée par de nombreux

filons de quartz blanc. Ce terrain, qu'on retrouve sur la rive gauche de la Loire, associé au calcaire de Divon, paraît devoir être rangé comme lui dans les terrains de transition ; il s'appuie d'ailleurs à l'E. sur la masse granitique qui sépare le bassin de l'Arroux de celui de la Loire.

On connaît maintenant à Bourbon-Lancy sept sources thermales, dont les principales sont celle du Lymbe, celle des Escures et celle de la Reine.

La température des eaux de la première, prise au bouillon, est de 45° Réaumur; on a trouvé 43° à la fontaine de la Reine et 41° à la fontaine des Escures. La température est constante pour chaque source, et il paraît naturel d'admettre que la différence qu'elles présentent entr'elles tient à la différence de leurs volumes.

La source du Lymbe fournit à elle seule plus que les six autres réunies, et le produit total des sept sources, dans les vingt-quatre heures, est d'environ 300 mèt. c.: ce volume ne paraît éprouver aucune variation.

Les eaux des sept sources sont recueillies dans des puits séparés et réunies ensemble dans un vaste bassin où elles se refroidissent convenablement pour pouvoir servir aux bains et aux douches.

La constance dans la température et le volume des eaux prouve qu'elles partent d'une profondeur considérable, et cette circonstance explique leur haute température, le phénomène des eaux thermales devant être considéré ou comme une conséquence ou comme une confirmation des expériences faites dans ces derniers temps sur la température de l'intérieur du globe.

Les sept sources sont renfermées dans une enceinte de peu d'étendue, et cet extrême rapprochement ne permet pas de douter qu'elles ne proviennent d'une même origine, et qu'ainsi leur composition ne soit identique; on est d'autant plus fondé à admettre cette opinion qu'elle s'appuie sur de fortes analogies; qu'ainsi l'examen des sept sources thermales de Vichy a trouvé la même composition pour les eaux de ces sept sources, quoiqu'elles soient disséminées sur un espace beaucoup plus considérable; que pareil résultat a été trouvé en rapprochant les analyses de plusieurs sources de Sennectère, etc.

La seule cause qui pourrait faire varier la composition des diverses sources serait leur mélange, près de la surface de la terre, avec des eaux douces; mais les eaux de Bourbon-Lancy paraissent si exactement emprisonnées que cette supposition n'est point probable : je crois devoir d'autant plus insister là-dessus que l'analyse dont je vais donner communication n'ayant porté que sur une seule source, il devient nécessaire de donner des motifs suffisans pour en faire appliquer les résultats à toutes les autres.

On n'a que des renseignemens fort incertains sur la disposition des sources relativement au terrain d'où elles surgissent, et qui sans doute est de la nature de la roche quartzeuse jaunâtre dont on aperçoit un escarpement au midi : d'après tout ce qu'on voit ailleurs, on ne peut guère douter que les Romains n'aient établi les beaux travaux de distribution dont on a retrouvé les restes sur la roche solide, et que l'escarpement dont nous venons de parler ne soit le résultat des disposi-

tions qu'ils ont cru nécessaire d'adopter pour arriver à un terrain sans fissures qui leur permît d'emprisonner plus exactement les diverses sources.

Quant aux travaux modernes, à peine ont-ils effleuré la terre; des tentatives ont été faites en 1750 pour curer et réparer le Lymbe, mais on n'a pénétré qu'à peu de profondeur, les ouvriers étant suffoqués par la chaleur.

Les eaux de Bourbon-Lancy jaillissent avec un bouillonnement dû au dégagement d'acide carbonique, et peut-être par l'effet même de la pression de ce gaz dans les réservoirs souterrains (1). La quantité d'acide carbonique fourni par les eaux, comparée à celle qu'on observe dans beaucoup de sources thermales, est très-peu considérable, et il n'en reste fixé qu'une petite proportion dans les eaux à cause de leur haute température. Ces eaux, comme toutes les eaux thermales, répandent une très-légère odeur bitumineuse; elles donnent naissance, dans les bassins, à une espèce de fucus qui paraît appartenir aux eaux thermales.

Ces eaux n'ont qu'une saveur très-légère, ce qui fait présumer naturellement qu'elles ne contiennent qu'une très-petite proportion de principes minéralisateurs, et c'est ce que confirment les résultats suivans de l'analyse

---

(1) Il n'est pas inutile de remarquer que cette force de jaillissement qui s'oppose généralement à ce qu'on puisse exactement renfermer dans une seule enceinte tous les filets d'eaux thermales, est en même temps un obstacle qu'on peut considérer comme invincible à leur mélange avec des eaux douces.

de M. Berthier, opérés sur l'eau de la source de la Reine :

| | Sels sans eau. |
|---|---|
| Muriate de soude | 0,001170 ; |
| Muriate de potasse | 0,000150 ; |
| Sulfate de soude | 0,000130 ; |
| Sulfate de chaux | 0,000075 ; |
| Carbonate de chaux | 0,000210 ; |
| Silice | 0,000020 ; |
| Carbonate de magnésie, oxide de fer | une trace. |
| Total des principes fixes | 0,001755. |
| (1) Acide carbonique libre | 0,000270. |
| Total des principes minéralisateurs | 0,002025. |

La présence de la potasse est remarquable, dit M. Berthier, parce qu'on n'a encore rencontré cet alcali dans aucune eau minérale de France.

C'est uniquement comme résultat docimastique ou géognostique que la présence de la potasse peut être remarquée : elle se trouve en si petite proportion que, dans sa combinaison avec les acides sulfurique ou muriatique, elle ne peut avoir aucune influence sur les

(1) La plupart des analyses d'eaux minérales se faisant à de grandes distances des sources et sur des eaux recueillies depuis un temps plus ou moins long ; il doit nécessairement y avoir quelque incertitude sur la proportion d'acide carbonique libre, ce principe, de sa nature, étant très-fugace.

propriétés des eaux, considérées sous le rapport médical : on peut faire la même observation relativement au sulfate de soude dont les propriétés médicamenteuses sont peu actives.

Elles ne contiennent d'ailleurs point de carbonate de soude, substance à laquelle les eaux de Vichy, de Sennectère, de Vals, etc., doivent leur propriété fondante et stimulante; elles ne contiennent point d'hydrogène sulfuré, ce qui ne permet pas de confondre leur action avec celle des eaux dites sulfureuses : elles ne sont point sensiblement ferrugineuses, et la proportion d'acide carbonique libre qu'elles renferment, surtout après qu'elles ont séjourné dans le grand bassin où on les fait refroidir, est si peu considérable qu'on ne peut les ranger parmi les eaux acidules.

Je crois donc qu'il serait déplacé de vouloir chercher dans la composition même des eaux de Bourbon-Lancy des propriétés qui n'y existent pas, et je me hasarderai même à dire qu'il est très-probable qu'on ne doit pas leur chercher d'autre importance que celle qu'elles peuvent tirer de leur volume considérable, de leur haute température et de leur abord facile.

Il semble en effet que si l'on veut mettre de côté tout charlatanisme et rejeter le fatras de propriétés occultes auquel on a long-temps eu recours pour expliquer l'effet des eaux, on sera forcé d'admettre qu'un grand nombre d'eaux thermales, telles que les eaux de Bourbon-Lancy, de Bourbon-l'Archambault, de Néris, du Mont-Dore, de Chaudes-Aigues, etc., employées principalement à l'extérieur, ne produisent quelquefois des effets différens que parce qu'elles ne sont pas administrées de

la même manière : dans toutes ces eaux, la proportion des principes minéralisateurs actifs est si peu considérable qu'il est difficile que ces principes, surtout à l'extérieur, puissent avoir une action un peu marquée. Si donc, par exemple, on remarque particulièrement les belles cures opérées au Mont-Dore, c'est que la température des eaux y est mise à profit avec des circonstances particulières qui en favorisent considérablement l'action. La plupart des maux dont elles produisent la guérison ont leur source dans l'interruption des fonctions de la peau, ou au moins sont de nature à se réparer par tout ce qui accroît les sécrétions et l'énergie de cet organe : or, rien n'est plus propre à conduire à ce but que la manière hardie dont les bains y sont administrés, au bouillon même des sources, au milieu des torrens d'acide carbonique et de vapeur aqueuse qui s'en échappent. A cela, M. Bertrand croit devoir ajouter l'influence d'une localité fort élevée, et par conséquent d'une pression atmosphérique moindre que la pression habituelle, par suite de laquelle les malades qui y sont soumis se maintiennent plus facilement dans cet état de transpiration que les bains ont provoqué, et qui est particulièrement propre à stimuler l'activité de la peau et à réparer ainsi les désordres qui affectent les organes intérieurs.

Quoi qu'il en soit, au reste, de cette dernière explication à laquelle on ne peut recourir que dans peu de circonstances, du moment où elle est invoquée pour la joindre au mode particulier d'application des eaux du Mont-Dore, et rendre ainsi raison des effets de ces eaux, c'est qu'on ne trouve pas, dans l'action des prin-

cipes qu'elles renfermaient, la cause des propriétés qu'on leur reconnaît. A plus forte raison alors, devra-t-on admettre que les eaux de Bourbon-Lancy, beaucoup moins gazeuses, celles de Néris, Bourbon-l'Archambault, etc., doivent leurs vertus presqu'uniquement à leur température.

Mais si l'on convient d'un tel résultat, on ne peut se dispenser d'en conclure que l'art peut ici très-facilement remplacer la nature : s'il était permis à un profane de hasarder à cet égard une conjecture, je dirais plus : c'est qu'il me paraît probable que tôt ou tard la médecine, éclairée par les travaux des chimistes, viendra à bout, non-seulement de remplacer efficacement les eaux thermales simples, non-seulement de composer les eaux alcalines, sulfureuses, ferrugineuses, acidules, etc., telles que la nature nous les offre, ce qu'elle fait déjà plus ou moins exactement; mais bien plus, de faire mieux que la nature elle même. On ne peut croire en effet que les principes qui entrent dans la composition des eaux minérales naturelles concourent tous heureusement à guérir; que les principes reconnus utiles s'y trouvent nécessairement dans les proportions les plus convenables. Ne semble-t-il donc pas, d'après cela, bien raisonnable d'admettre qu'on arrivera à des résultats plus heureux en appliquant les connaissances acquises, ou qui ne peuvent manquer de s'acquérir sur les causes réelles des effets des eaux, au dosage de la chaleur et des principes actifs et bienfaisans, suivant la nature des maux et le tempérament des individus; ne semble-t-il pas dès-lors qu'on pourra former utilement, dans toutes les grandes villes, des éta-

blissemens d'eaux minérales et thermales, pour remplacer avec avantage les eaux naturelles, ne fût-ce que pour les individus qui, pour des motifs quelconques, sont dans l'impossibilité d'avoir recours à ces dernières.

Mais une source abondante, n'eût-elle d'autre mérite qu'une haute température, n'en est pas moins une richesse considérable : une dépense journalière de 100 francs en combustible seulement, même en lui supposant un prix peu élevé, ne suffirait pas pour porter, chaque jour, 300 mèt. c. d'eau à la température nécessaire pour les bains et les douches; on ne peut disconvenir d'ailleurs que, par suite même de la position des établissemens thermaux naturels, ceux qui fréquentent ces établissemens, s'éloignant par là du tourbillon des affaires, se forçant en quelque sorte au repos pour se livrer uniquement, sous la surveillance de médecins habiles, au soin de leur santé; se trouvant transportés dans des lieux généralement salubres, environnés le plus souvent de sites intéressans qui invitent à la promenade; s'astreignant à un régime salutaire qu'ils ne pourraient suivre ailleurs, se conformant enfin, pour l'ordinaire, au précepte *Benè vivere et lactari* (1), se placent ainsi dans des conditions qui secondent puissamment l'action curative des eaux, résultats importans qu'on obtiendrait difficilement au sein des grandes villes. Tout en faisant pressentir qu'on en viendra quelque jour, dans les villes, à imiter la nature, je suis donc bien éloigné de vouloir mépriser ses

(1) C'est l'inscription placée bien anciennement sur la porte de l'habitation du médecin des eaux de Vichy.

dons : je pense au contraire qu'on ne fait point assez pour en tirer tout l'avantage qu'ils pourraient procurer, et je crois qu'il serait digne d'une bonne Administration de prendre des mesures qui permissent à un plus grand nombre d'individus d'y participer.

---

## Mémoire *sur la Formation de l'Éther sulfurique.*

Par MM. Dumas et Boullay fils.

Les transformations si variées que l'alcool éprouve par l'action de l'acide sulfurique concentré à diverses doses, offrent un des sujets les plus curieux de la chimie organique. Quatre composés particuliers, l'éther sulfurique, l'hydrogène bi-carboné, l'huile douce de vin, l'acide sulfo-vinique, résultent de la réaction de ces deux corps suivant les circonstances, et chacun d'eux présente des propriétés si remarquables, que nous avons cru nécessaire de soumettre à une analyse attentive les phénomènes qui accompagnent leur production.

Il y a peu d'années encore, que la théorie si simple et si satisfaisante de MM. Fourcroy et Vauquelin sur la formation de l'éther sulfurique semblait établie sur les bases les plus solides. D'après ces célèbres chimistes, l'acide sulfurique mis en contact avec de l'alcool lui enlevait une portion d'eau pour le transformer en éther. Vers la fin de l'opération, l'alcool étant devenu moins abondant et la température plus élevée, il s'établissait une nouvelle réaction qui donnait naissance à de l'acide sulfureux et à de l'huile douce de vin.

Cette théorie, à la fois simple et complète, fut bientôt généralement admise. Elle reçut une confirmation précieuse des expériences si remarquables de M. Théodore de Saussure. Cet habile observateur ayant démontré que l'alcool ainsi que l'éther sulfurique étaient formés de carbone, d'hydrogène et d'oxigène, dans les proportions nécessaires pour constituer de l'eau et de l'hydrogène bi-carboné; ayant prouvé en outre que l'éther sulfurique contient moins d'eau que l'alcool, il ne pouvait rester aucun doute sur la certitude de la théorie proposée par MM. Fourcroy et Vauquelin.

Plus tard, M. Gay-Lussac, ayant pris la densité de la vapeur d'alcool et d'éther, en tira des conséquences semblables, quoique ses propres résultats introduisissent une correction importante dans l'analyse de l'éther. Ramenant la composition de ces deux corps à des volumes d'eau et d'hydrogène bi-carboné en rapports simples entr'eux, il fit voir que l'alcool devait être formé de volumes égaux de vapeur d'eau et d'hydrogène bi-carboné, tandis que l'éther sulfurique devait renfermer deux volumes d'hydrogène bi-carboné pour un volume de vapeur d'eau.

Jusque-là tout semblait se réunir pour mettre la théorie de MM. Fourcroy et Vauquelin à l'abri de toute atteinte. Cependant M. Dabit avait fait des remarques singulières relativement à la formation d'un acide particulier pendant l'éthérification. Ces remarques, confirmées par des recherches postérieures de M. Serturner, de M. Vogel et de M. Gay-Lussac, ont fait connaître l'existence d'un acide nouveau semblable à l'acide hypo-sulfurique, dont il diffère néanmoins par

son état permanent de combinaison avec une huile éthérée. Ainsi donc plus de doute que l'acide sulfurique et l'alcool produisent, en réagissant l'un sur l'autre dans la formation de l'éther, 1° de l'éther sulfurique, c'est-à-dire de l'alcool privé de la moitié de son eau ; 2° de l'huile douce de vin, dont la composition n'est pas connue ; 3° de l'acide hypo-sulfurique ; 4° une matière huileuse éthérée qui accompagne ce dernier, et dont la composition n'est pas connue non plus.

Dès que ces faits ont été constatés d'une manière authentique, beaucoup de chimistes ont cru pouvoir en conclure que la théorie de MM. Fourcroy et Vauquelin était renversée. D'autres, plus sages, ont pensé qu'elle recevrait quelques modifications sans doute ; mais que du moins la base restait bonne et non attaquée. De là, une foule d'expériences qu'il serait inutile de mentionner ou de combattre. En effet, la théorie ancienne est devenue l'expression d'un fait depuis que l'analyse de l'alcool et de l'éther, confirmée par la densité de la vapeur de ces corps, a été publiée. Pour détruire cette théorie, il faut montrer que l'alcool et l'éther n'ont pas la composition qu'on leur assigne : c'est l'opinion de quelques chimistes ; mais nous espérons démontrer qu'ils sont dans l'erreur.

Si la composition de l'alcool et de l'éther est bien connue, il devient évident que MM. Fourcroy et Vauquelin ont pu ignorer l'existence de l'acide hypo-sulfurique, qu'ils ont pu se tromper sur la production de l'huile douce de vin, sans que pour cela la cause à laquelle ils attribuent la formation de l'éther cesse d'être véritable ; c'est, du reste, ce que les expériences qui

suivent vont nous donner le moyen d'établir avec la plus grande rigueur. Nous nous sommes bornés à faire une analyse exacte des produits déjà mentionnés, et la théorie est ressortie d'elle-même des résultats obtenus.

*Analyse de l'Alcool.* L'alcool que nous avons examiné possédait tous les caractères de l'alcool le plus pur et le plus concentré. Il avait été rectifié sur le chlorure de calcium sec à plusieurs reprises. Sa densité était égale à 0,7915 à la température de 18° c. Il bouillait à 76° c. sous la pression de $0^{m},745$.

La composition de cet alcool est, d'après nos expériences, parfaitement conforme à celle qui se déduit de la densité de sa vapeur et des considérations pleines de finesse que M. Gay-Lussac a publiées, il y a long-temps, sur les phénomènes de la fermentation alcoolique. Voici les résultats de l'expérience et ceux que donne le calcul :

| | Nombres obtenus. | Calculés. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 52,37 | 52,28 ; |
| Hydrogène... | 13,31 | 13,02 ; |
| Oxigène..... | 34,61 | 34,70. |
| | 100,29 | 100,00. |

Les expériences ont été faites sur une plus grande échelle qu'on n'a coutume de le faire, afin de porter une précision plus rigoureuse dans cette analyse. Nous avons toujours brûlé plus d'un gramme d'alcool, au moyen de l'oxide de cuivre. L'eau était recueillie avec soin, ainsi que l'acide carbonique. Quant à l'oxigène, nous l'avons évalué en complétant la réduction de l'oxide de cuivre au moyen du gaz hydrogène. L'oxigène de

l'oxide avant et après l'analyse étant ainsi connus, nous en avons déduit l'oxigène cédé à la matière. L'oxigène de l'acide carbonique et celui de l'eau étant également connus, nous avons pu en déduire l'oxigène propre à l'alcool.

Nos résultats confirment donc pleinement ceux de M. Théodore de Saussure et de M. Gay-Lussac, et l'on peut apprécier leur valeur par les données sur lesquelles ils sont établis.

| | | | | Pour 100 : | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alcool employé. | Carb. | Hydrog. | Oxig. | Carb. | Hydr. | Oxig. |
| 1g,742 | 0g,9070 | 0g,2036 | 0,6024 | 52,06 | 13,23 | 34,58. |
| 1 ,502 | 0 ,7824 | 0 ,1989 | 0,5190 | 52,09 | 13,24 | 34,55. |
| 1 ,660 | 0 ,8792 | 0 ,2206 | 0,5565 | 52,96 | 13,46 | 34,72. |
| | | | Moyenne | 52,37 | 13,31 | 34,61. |

Nous avons toujours trouvé, comme on voit, un peu plus d'hydrogène que n'en indique le calcul ; mais toutes les personnes qui se sont livrées à ces sortes d'expériences savent assez combien cet écueil est difficile à éviter. Nous ne croyons donc pas devoir insister sur ce point, et nous regarderons comme bien prouvé que l'alcool consiste, ainsi que M. Gay-Lussac l'a établi, en un volume d'hydrogène bi-carboné et un volume de vapeur d'eau.

*Analyse de l'Éther sulfurique.* Les précautions que nous avions prises pour nous procurer l'alcool pur, l'ont également été pour obtenir de l'éther exempt de tout mélange. Nous avons préparé nous-mêmes ce corps, nous l'avons lavé avec soin pour enlever tout l'alcool, et nous l'avons rectifié sur le chlorure de calcium, jus-

qu'à ce que cette opération ne produisît plus de changement dans ses propriétés. Ainsi préparé, sa densité était égale à 0,713 à la température de 20° c. Il entrait en ébullition à 34° c. sous la pression de $0^m,745$.

Voici nos résultats pour l'analyse de l'éther sulfurique pur :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carbone..... | 65,10 | 65,04 | 65,01 ; |
| Hydrogène... | 13,52 | 13,95 | 14,08 ; |
| Oxigène..... | 21,05 | 21,34 | 21,33. |
| | 99,67 | 100,33 | 100,42. |

Comme pour l'alcool, nous avons opéré sur une quantité un peu forte, c'est-à-dire un gramme environ.

Comparons ces nombres avec ceux que donne le calcul, et nous serons convaincus de la certitude des idées admises, jusqu'à présent, pour la composition de l'éther, d'après les belles recherches de MM. de Saussure et Gay-Lussac.

| | Nombres obtenus. | Calculés. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 65,05 | 64,96 ; |
| Hydrogène... | 13,85 | 13,47 ; |
| Oxigène..... | 21,24 | 21,57. |
| | 100,14 | 100,00. |

Comme, dans l'analyse de l'alcool, nous retrouvons ici un petit excès d'hydrogène ; mais il n'en reste pas moins évident que l'éther pur est formé d'un volume d'hydrogène bi-carboné et d'un demi-volume de vapeur d'eau.

*Analyse de l'Huile douce du vin.* Celle que nous avons examinée avait été séparée de l'éther par distil-

lation ; comme elle ne bout qu'à une température élevée, elle reste presqu'en totalité dans la cornue. On l'a fait bouillir ensuite jusqu'à ce qu'elle eût distillé en partie. Enfin on l'a distillée sur du chlorure de calcium et un peu de potasse.

Ainsi préparée, sa densité était égale à 0,9174, à la température de 10°,5 c.

L'huile douce du vin n'est qu'un carbure d'hydrogène ; mais ce carbure diffère de tous ceux qui ont été analysés jusqu'à présent par la proportion de ses principes. En effet, nous avons trouvé ce corps formé de :

| | | | Calculé. |
|---|---|---|---|
| Carbone..... | 88,36 | 88,80 | 88,94 ; |
| Hydrogène... | 11,64 | 11,20 | 11,06. |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00. |

Le résultat calculé a été obtenu en supposant ce corps formé de 4 volumes de vapeur de carbone et de 3 volumes d'hydrogène, composition fort simple et pourtant très-différente de celle de tous les carbures d'hydrogène connus jusqu'ici. Nous allons voir, du reste, que cette composition résulte nécessairement de l'espèce de réaction qui donne naissance à l'huile douce, et nous trouverons, dans les expériences suivantes, la confirmation la plus évidente de la composition que nous venons d'énoncer, en même temps que nous arriverons à une théorie qui rend cette composition inévitable.

*Analyse du Sulfo-Vinate de baryte.* Nous avons analysé l'acide sulfo-vinique en combinaison avec la baryte. Voici les procédés que nous avons employés :

l'eau a été déterminée par la perte dans le vide sec à la température de 160° c., le sulfate de baryte par la calcination au rouge, le carbone et l'hydrogène par l'oxide de cuivre à la manière ordinaire. Dans ce dernier cas, il ne s'est pas dégagé trace d'acide sulfureux, ce qui rend cette expérience fort simple. A la vérité, il s'est toujours dégagé un peu d'hydrogène carboné ; mais on a eu soin d'en tenir compte. Voici les résultats de nos diverses expériences :

| | | |
|---|---|---|
| 53,30 | 54,00 | sulfate de baryte |
| 14,65 | 14,85 | acide sulfureux |
| 11,32 | 10,33 | carbone |
| 1,46 | 1,39 | hydrogène |
| 19,31 | 20,00 | eau. |
| 100,04 | 100,57. | |

La composition de la matière huileuse, ramenée à 100, donnerait :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 88,37 ; |
| Hydrogène... | 11,63. |

C'est donc de l'huile douce du vin. Ceci admis, le sulfo-vinate de baryte se trouve représenté par un atome d'hypo-sulfate, deux d'huile douce de vin et cinq d'eau $\ddot{Ba}\,\dddot{S}^2 + 2\,H^3\,C^4 + 5\,Aq$. C'est ce que prouve la comparaison suivante :

| | Résultat obtenu. | Résultat calculé. |
|---|---|---|
| Hypo-sulfate de baryte. | 68,40 | 67,37 ; |
| Huile douce de vin.... | 12,25 | 12,27 ; |
| Eau................ | 19,65 | 20,36. |
| | 100,30 | 100,00. |

*Analyse du Sulfo-Vinate de cuivre.* On a préparé ce sel par double décomposition, au moyen du sulfo-vinate neutre de baryte et du sulfate de cuivre. La liqueur, évaporée à consistance de sirop, s'est prise en masse cristalline. On l'a desséchée entre des doubles de papier joseph, et il est resté un sel verdâtre en grains cristallins.

Pour l'analyser, on l'a transformé en deutoxide de cuivre par la calcination : 5 parties ont fourni 1,07 d'oxide ; on en a fait détonner 5 parties avec un mélange de chlorate et de carbonate de potasse ; le résidu, dissous dans l'eau et traité par le chlorure de barium, a fourni 6,30 de sulfate de baryte. Enfin, le carbone, l'hydrogène et l'eau ont été déterminés par la combustion, au moyen du deutoxide de cuivre. On a eu ainsi :

| | |
|---|---|
| Oxide de cuivre....... | 21,40 ; |
| Acide hypo-sulfurique... | 38,98 ; |
| Carbone.............. | 12,42 ; |
| Hydrogène............ | 1,61 ; |
| Eau.................. | 25,59 ; |
| | 100,00 ; |

résultats qui s'accordent avec la formule :

$$Cu\ddot{\dot{S}}^2 + 2\,C^4 H^3 + 5\,Aq.$$

En effet, on a :

| | Résultat obtenu. | Résultat calculé. |
|---|---|---|
| Hypo-sulfate de cuivre. | 60,38 | 60,83 ; |
| Huile douce de vin.... | 14,03 | 14,72 ; |
| Eau............... | 25,59 | 24,45. |
| | 100,00 | 100,00. |

*Analyse du Bi-sulfo-Vinate de plomb.* Ce sel s'obtient, lorsqu'on sature le résidu d'éther, au moyen du carbonate de plomb. Même, à la température de l'ébullition et avec un grand excès de carbonate, il reste acide, et la liqueur, filtrée, évaporée et refroidie, laisse cristalliser un sel blanc en aiguilles d'un bel éclat soyeux et d'une transparence parfaite. Ce sel, bien égoutté et séché sur des papiers, conserve sa réaction acide. On peut le neutraliser et même le rendre alcalin au moyen de l'hydrate de plomb; mais les sels qu'on obtient pouvant être des mélanges, à divers états de saturation, nous avons de préférence analysé le sel acide.

Par la calcination, 100 p. ont fourni 42,8 de sulfate de plomb qui représentent 31,49 d'oxide et 11,31 d'acide sulfurique. D'un autre côté, 100 p., traitées par l'acide nitrique bouillant, ont donné 133 de sulfate de baryte, qui représentent 45,71 d'acide sulfurique, c'est-à-dire quatre fois autant qu'il s'en trouvait dans le sulfate de plomb. Enfin on a déterminé le carbone, l'hydrogène et l'eau comme pour le sel de baryte. Voici les résultats :

| | |
|---|---|
| 31,49 | oxide de plomb; |
| 40,71 | acide hypo-sulfurique; |
| 13,80 | carbone; |
| 1,67 | hydrogène; |
| 12,33 | eau. |
| 100,00. | |

Ces résultats se rapportent à la formule suivante :

$$\dot{Pb}\,2\,\overset{\cdots}{\ddot{S}}{}^{2} + 4\,H^3\,C^4 + 5\,Aq.$$

On a en effet :

| | Résultats obtenus. | Résultats calculés. |
|---|---|---|
| Bi-hypo-sulfate de plomb. | 72,20 | 72,07 ; |
| Huile douce de vin...... | 15,47 | 15,27 ; |
| Eau.................. | 12,33 | 12,66 ; |
| Bi-sulfo-Vinate de plomb. | 100,00 | 100,00. |

La composition de l'huile qui se trouve dans les sulfo-vinates est évidemment semblable à celle de l'huile du vin. Ramenée à 100 parties, elle présente en effet la composition suivante :

| | Carbone. | Hydrogène. |
|---|---|---|
| Huile du sulfo-vinate de baryte. | 88,58 | 11,42 ; |
| *Idem*.................... | 88,14 | 11,86 ; |
| Huile du sulfo-vinate de cuivre. | 88,53 | 11,47 ; |
| *Idem* du sulfo-vinate de plomb. | 89,20 | 10,80 ; |
| Moyenne............. | 88,61 | 11,38 ; |
| Huile douce du vin calculée... | 88,94 | 11,06. |

D'après cette identité, on peut aisément établir la composition de l'acide sulfo-vinique. Puisque l'huile douce du vin diffère de l'hydrogène bi-carboné, en ce qu'elle renferme un volume d'hydrogène de moins sur quatre, il faut admettre que deux atomes d'acide sulfurique, en perdant un atome d'oxigène pour passer à l'état d'acide hypo-sulfurique, ramènent quatre volumes d'hydrogène bi-carboné à l'état d'huile douce du vin. On a donc, pour la composition de l'acide sulfo-vinique supposé sec, un atome d'acide hypo-sulfurique, huit de carbone et six d'hydrogène, ou bien $\dddot{S}^2 + 2\,H^3\,C^4$. Cette composition, ramenée à 100, donnerait :

| | | |
|---|---|---|
| 1 atome acide hypo-sulfurique. | 902,32 | 72,70; |
| 8 *id.* carbone............... | 301,32 | 24,28; |
| 6 *id.* hydrogène............. | 37,50 | 3,02; |
| 1 atome acide sulfo-vinique.... | 1241,14 | 100,00. |

La théorie de l'éthérification devient donc fort simple par le fait : l'acide et l'alcool se partagent en deux parties, dont l'une produit l'huile douce et l'acide hypo-sulfurique, en donnant naissance à une certaine quantité d'eau, dans les proportions suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| 2 at. acide sulfurique $2\dddot{S}$ | = | $\dddot{S}^2+2C^4H^3$ ou 1 at. acide sulfo-vinique. |
| 4 vol. vapeur d'alcool | | 2 vol. eau formée. |
| | | 4 vol. eau mise en liberté. |

L'autre portion de l'acide et de l'alcool fournissent par leur réaction de l'acide affaibli et de l'éther.

Il résulte des expériences de M. Vogel que l'on trouve une proportion plus grande d'acide sulfo-vinique dans les résidus d'éther, pris immédiatement avant l'apparition de l'acide sulfureux, que dans ceux qui proviennent d'opérations arrêtées plus tôt ou plus tard. Il est clair, par cela seul, que cet acide se forme dans les mêmes circonstances que l'éther lui-même, et que c'est surtout à sa destruction par la chaleur qu'il faut attribuer le dégagement de l'acide sulfureux et de l'huile douce du vin, ainsi que l'avait déjà supposé M. Gay-Lussac.

On conçoit, d'après ce qui précède, quel serait le rôle du peroxide de manganèse ou de l'acide chromique dans la formation de l'éther. Ils perdraient une portion de leur oxigène pour former de l'eau et de l'huile

douce du vin, en prévenant ainsi la formation de l'acide hypo-sulfurique. M. Gay-Lussac a constaté en effet que cet acide ne se produisait pas dans ces sortes de réactions. La formation de l'acide hypo-sulfurique n'est donc pas indispensablement liée à celle de l'éther. On a peine à croire, d'une autre part, que la production de l'huile douce soit nécessaire à celle de l'éther, tandis que les réactions qui les produisent semblent si indépendantes. Si l'on admet que l'acide fluo-borique, ainsi que l'assure M. Desfosses, donne de l'éther sans huile douce, il paraîtrait du moins que cette nécessité ne serait pas générale.

Tout bien considéré, nous pensons que les deux phénomènes n'ont rien de commun.

On conçoit qu'il n'y aurait aucun avantage à introduire, comme on l'a souvent proposé, du peroxide de manganèse dans le mélange ordinaire pour la fabrication de l'éther. A la vérité, il ne se formerait pas d'acide sulfureux; mais l'huile douce produite accompagnerait l'éther pendant tout le cours de la distillation, tandis que, par le procédé actuel, les derniers produits en sont seuls souillés. Ainsi, jusqu'à ce qu'on ait trouvé le moyen d'employer ou de remplacer l'acide fluo-borique à bas prix, le procédé actuel méritera la préférence.

La formation de l'acide hypo-sulfurique paraît être un phénomène très-fréquent, si ce n'est général, dans les réactions de l'acide sulfurique concentré sur les matières organiques. Nous nous proposons d'en examiner les produits dans quelques-unes de ces opérations; mais nous ne pouvons éviter dès à présent de discuter les opinions émises à ce sujet. Celle que nous avons adop-

tée dans le cours de ce Mémoire avait déjà été établie par M. Gay-Lussac, et comme elle rend mieux raison de la composition de l'huile douce, nous l'avons préférée, quoiqu'elle se trouve en opposition avec l'opinion de quelques chimistes.

En effet, M. Faraday (*Ann. de Chim. et de Phys.*, tome XXXIV, page 104), en examinant l'action de l'acide sulfurique sur la naphtaline, a observé un acide composé qu'il a été conduit à regarder comme une combinaison d'acide sulfurique et de naphtaline, dans laquelle l'acide sulfurique perdrait la moitié de sa capacité de saturation par la présence de la naphtaline. M. Hennell (*Ann. de Chim. et de Phys.*, tom. XXXV, pag. 154), dans une Note sur la composition de l'huile douce du vin, adopte les mêmes vues, sans entrer dans la discussion approfondie que méritait ce sujet (1). Nous allons chercher à le placer sous son point de vue le plus simple.

MM. Vogel et Gay-Lussac ont comparé les acides de ce genre avec l'acide hypo-sulfurique, et ils ont supposé que cet acide était combiné avec une matière végétale qui en modifiait légèrement les propriétés.

La question, envisagée sous ce double aspect, offre de grandes différences ; mais, par le fait, il serait aisé d'arriver à un choix certain entre ces deux suppositions qui sont les seules qu'on puisse faire, si ces sortes de

---

(1) La Note de M. Hennell, outre qu'elle contient des analyses évidemment inexactes, renferme des résultats que nous n'avons pu discuter, parce que nous ne les avons pas compris, sans doute, faute de renseignemens sur ses procédés ou ses produits.

produits se laissaient manier aussi facilement que les composés inorganiques. D'après MM. Faraday et Hennell, deux atomes d'acide sulfurique se combineraient purement et simplement avec la matière végétale, et leur capacité de saturation serait réduite de moitié, comme si la matière végétale eût saturé l'un de ces atomes. D'après MM. Vogel et Gay-Lussac, les deux atomes d'acide sulfurique perdraient un atome d'oxigène, la matière végétale perdrait deux atomes d'hydrogène; ces deux corps formeraient de l'eau, et il se produirait de l'acide hyposulfurique et une matière végétale nouvelle. Il ne s'agit donc que de savoir si l'on peut ou non séparer cet atome d'eau sans décomposer les sels.

Le sulfo-vinate de baryte que nous avons analysé contiendrait 16 pour $\frac{0}{0}$ d'eau environ, en le calculant d'après l'hypothèse de M. Faraday, et 20 pour $\frac{0}{0}$ si on le calcule d'après celle de M. Gay-Lussac. Nous avons placé dans le vide sec, à la température de 150 à 160° c., 100 parties de ce sel, et la perte s'est élevée à 19 p. $\frac{0}{0}$, avant qu'il n'ait paru prendre l'aspect gras, seul indice qui annonce la séparation de l'huile; mais, pour peu qu'on dépasse la température indiquée, l'huile elle-même se dégage, le sel devient comme pâteux, et la perte ne tarde pas à dépasser 20 p. $\frac{0}{0}$ (1); ce qui laisse quelque doute sur les résultats de cette expérience.

D'après l'ensemble des faits que nous venons d'exposer et d'après les considérations accessoires qui peu-

---

(1) M. Faraday était placé dans une position plus favorable que nous pour décider la question, son acide sulfonaphtalique lui ayant fourni des sels anhydres. S'il eût porté plus d'attention dans la discussion de ses analyses, il se serait aperçu, ou bien qu'elles sont inexactes, ou bien

vent se déduire des propriétés de l'acide sulfo-vinique, il semble que nous pourrions regarder comme certaines les opinions admises dans le cours de ce Mémoire. Cependant quelques faits nouveaux observés postérieurement à la lecture que nous en fîmes à l'Académie, nous engagent à laisser dans le doute le choix entre les deux hypothèses. Ces nouveaux faits seront exposés et discutés dans un Mémoire qui suivra de près celui-ci.

Nous nous bornerons donc à présenter ici le tableau de nos analyses, dans les deux suppositions, en observant que leurs résultats sont de leur nature entièrement indépendans de l'interprétation qu'on voudra choisir.

Ainsi nous regardons comme certain, que

L'alcool est représenté par $H^2 C^2 + \frac{1}{2} H\dot{H}$;
L'éther sulfurique par $2 H^2 C^2 + \frac{1}{2} H\dot{H}$;
L'huile douce par $H^3 C^4$.

Quant à l'acide sulfurique et aux sulfo-vinates, si tous les faits connus jusqu'à présent donnaient plus de probabilité à l'opinion de M. Gay-Lussac, ceux que nous avons observés récemment s'interprètent mieux dans

---

qu'elles offrent un résultat contraire à son opinion. Elles présentent en effet un excès de poids qui équivaut précisément à la quantité d'oxigène nécessaire pour transformer en acide sulfurique l'acide hypo-sulfurique qu'on pourrait supposer contenu dans les sels qu'il a examinés. Cette observation, qui n'a pas échappé au Rédacteur des *Annales de Chimie et de Physique*, paraîtra justifiée suffisamment par la comparaison suivante :

| | Résultat trouvé par M. Faraday. | Résultat corrigé. |
|---|---|---|
| Baryte. . . . . . . . | 27,57 | 27,57 ; |
| Acide sulfurique. | 30,17 | 27,15 ; |
| Carbone. . . . . . . | 41,90 | 41,90 ; |
| Hydrogène. . . . . | 2,877 | 2,877. |
| | 102,517. | 99,497. |

l'autre hypothèse : c'est ce qui nous engage à les offrir ici comparativement.

Acide sulfo-vinique.

$$2\dddot{S} + 4H^2C^2 = \overset{\cdot\cdot}{\dddot{S}}{}^2 + 2H^3C^4 + \dot{H}H.$$

Sulfo-Vinate de Baryte et de Cuivre.

$$\mathring{R} + 2\dddot{S} + 4H^2C^2 + 4\dot{H}H = \dot{R} + \overset{\cdot\cdot}{\dddot{S}}{}^2 + 2H^3C^4 + 5\dot{H}H.$$

Bi-sulfo-Vinate de Plomb.

$$\dot{P}b + 4\dddot{S} + 8H^2C^2 + 3\dot{H}H = \dot{P}b + 2\overset{\cdot\cdot}{\dddot{S}}{}^2 + 4H^3C^4 + 5\dot{H}H.$$

Ces conditions d'égalité indiquent suffisamment que le problême ne peut être résolu par l'analyse, et que sa solution doit dépendre d'un autre ordre de considérations. Quant à la théorie de l'éthérification, en elle-même, il est aisé de la faire cadrer avec l'une et l'autre de ces hypothèses.

---

## Recherches *sur l'Indigo.*

Par Mr J. J. Berzelius.

En faisant quelques recherches sur l'indigo du commerce, j'ai reconnu qu'il renfermait quatre substances particulières, et très-probablement d'autres encore, mais en plus petite quantité. Ces substances sont, 1° une matière analogue au gluten, 2° une matière brune ; 3° une matière rouge (résine rouge de Bergman et de Chevreul) ; 4° la matière colorante propre de l'indigo. Les trois premières ne sont pas entièrement insolubles dans l'eau ; de sorte qu'en faisant digérer de l'indigo avec de l'eau à 60°, on obtient un liquide d'un vert jaune, qui laisse par l'évaporation un petit résidu. La matière verte trouvée par

Chevreul dans une seule espèce d'indigo, paraît s'être dissoute dans l'eau à la faveur d'une portion d'ammoniaque due sans doute à un commencement de décomposition putride de l'indigo pendant sa dessication. Mais dans l'indigo du commerce je n'ai jamais pu découvrir la moindre trace d'ammoniaque.

*Matière glutineuse de l'indigo* ( *Indig Pflanzenleim* ). Pour l'obtenir, on laisse digérer de l'indigo réduit en poudre très-fine avec un acide étendu d'eau, tel que l'acide sulfurique, et l'on fait bouillir deux à trois fois le résidu insoluble avec de l'eau. Celle-ci dissout ordinairement la plus grande partie de la matière glutineuse, parce qu'elle est très-peu soluble tant que l'eau est très-acide. On sature ensuite la dissolution avec du marbre, on filtre et on évapore à siccité. On traite ensuite le résidu par l'alcool, qui dissout la matière glutineuse ; et après l'évaporation de l'alcool on l'obtient sous la forme d'un vernis éclatant, jaune ou d'un brun jaune et transparent. Cette matière se dissout facilement dans l'eau et a une odeur semblable à celle de l'extrait de viande. Chauffée sur une feuille de platine, elle se fond, brûle avec flamme et laisse une cendre blanche. Par la distillation, elle donne les produits des matières animales. Elle est précipitée par le tannin, le perchlorure de mercure, le cyano-ferrure de potassium, l'acétate de plomb et le sulfate de peroxide de fer. Cependant, si la dissolution était acide, le perchlorure de mercure ne donnerait pas de précipité, et le tannin en formerait un moins abondant ; au contraire, le cyano-ferrure ne produit un précipité qu'à la faveur d'un excès d'acide. La matière végéto animale se combine facilement avec les acides et

avec les alcalis. L'acide sulfurique concentré la dissout sans noircir ; l'acide nitrique la teint en jaune, et par une action prolongée on obtient une matière sébacée jaune avec de l'acide oxalique et peut-être de l'acide malique. Elle a beaucoup de rapports avec le gluten, mais elle s'en distingue par sa solubilité dans l'eau et parce qu'elle n'est point collante. Elle se distingue aussi de l'albumine végétale par sa solubilité dans l'alcool, et parce qu'elle ne se coagule pas par la chaleur. Les acides ne la séparent pas en totalité de l'indigo ; la portion qui reste se dissout au moyen de la potasse caustique.

*Matière brune de l'Indigo.* Cette matière est plus abondante dans l'indigo que la précédente. Elle y est unie quelquefois avec la chaux et quelquefois avec un acide végétal. On l'obtient en chauffant doucement avec une dissolution de potasse l'indigo traité par un acide. La masse devient noire à l'instant, et l'indigo se gonfle et forme un magma peu épais à mesure que la matière brune est dissoute par l'alcali. Le liquide passe difficilement par le filtre ; il est d'une couleur si foncée qu'il n'est transparent qu'en couches très-minces. L'eau avec laquelle on lave l'indigo sur le filtre passe très-lentement ; elle est verte ou d'un vert bleu. Cette coloration s'explique par la dissolution d'une partie d'indigo dans une dissolution alcaline, étendue, de la matière brune.

Les acides précipitent la matière brune en une masse volumineuse demi-gélatineuse, d'une couleur presque noire, que l'on peut recueillir sur le filtre. Le liquide d'un brun jaune qu'on obtient et qui doit être légèrement acide, étant saturé avec du carbonate de chaux,

évaporé à siccité et traité par l'alcool, donne une nouvelle portion de principe végéto-animal. La couleur noire est due à la présence de l'indigo combiné avec la matière brune. On le sépare en dissolvant le précipité dans le carbonate d'ammoniaque après l'avoir bien lavé, évaporant la dissolution à siccité et traitant le résidu par une petite quantité d'eau et filtrant. L'indigo reste sur le filtre avec une portion de matière brune; mais il se dissout avec une couleur d'un vert bleu si l'on cherche à le laver, et enfin il reste une portion d'indigo qui échappe à la dissolution. Ce qui prouve bien que la couleur verte est due à l'indigo, c'est qu'on la fait disparaître avec un alcali et le sulfate de fer.

Il est extrêmement difficile de séparer la matière brune des autres principes que contient l'indigo, et l'on peut dire qu'on ne la connaît pas encore à l'état de pureté. Le précipité par l'acide sulfurique, encore humide, mis en digestion avec du carbonate de baryte récemment précipité, se combine en grande partie avec la baryte et devient insoluble; le reste se trouve en dissolution dans le liquide, et donne par l'évaporation un vernis brun, transparent, qui ne se dissout pas entièrement dans l'eau : la partie dissoute contient un peu de baryte.

Dans cet état, la matière brune est à peine sapide; elle n'a point de réaction acide ou alcaline; chauffée, elle donne l'odeur des matières animales, brûle avec flamme et laisse un charbon poreux qui se réduit difficilement en une cendre pesante qui est du carbonate de baryte. Par la distillation, elle donne une huile inflammable, noire, visqueuse, peu fluide, et un

liquide aqueux, sans couleur, fortement ammoniacal.

La matière brune se combine facilement avec les acides. Ces combinaisons sont insolubles dans l'eau. Précipitée de ses dissolutions alcalines par un acide, elle en retient une portion après le lavage, qui lui donne un peu de solubilité. En faisant bouillir longtemps dans l'eau la combinaison de la matière brune avec l'acide sulfurique ou l'acide muriatique, l'eau se teint en jaune, et le résidu se réunit et devient si dur qu'il se laisse pulvériser dans le liquide. Le chlore décolore la dissolution de matière brune. L'acide acétique donne deux combinaisons; l'une avec le *minimum* d'acide est soluble, l'autre avec une plus grande quantité est insoluble. On obtient la première en mêlant du vinaigre avec la dissolution de matière brune dans la potasse jusqu'à ce que le liquide ait une réaction acide, et en évaporant à siccité et dissolvant l'acétate de potasse par l'alcool. En ajoutant un grand excès d'acide acétique à la dissolution alcaline de matière brune, on obtient la combinaison insoluble.

La matière brune forme avec les alcalis des combinaisons solubles d'un brun extrêmement foncé, et peut détruire entièrement leur réaction sur le papier rouge de tournesol. Si l'on sature avec le vinaigre une dissolution de matière brune dans la potasse, de manière qu'elle n'agisse plus sur les réactifs colorés, et si l'on évapore à siccité, et que l'on traite le résidu par l'alcool pour dissoudre l'acétate de potasse, on obtiendra une combinaison neutre de potasse et de matière brune, qui, dissoute dans l'eau et évaporée, donne une masse

noire, éclatante, qui se fend en pièces semblables à de longs prismes en aiguilles. La dissolution de la matière brune dans l'ammoniaque, desséchée à 70°, ne retient plus d'acide carbonique; elle ressemble entièrement à la combinaison formée par la potasse. Les combinaisons de la matière brune avec la baryte et la chaux sont insolubles; la chaux peut même enlever toute la matière brune à la potasse au moyen de l'ébullition.

La combinaison de la matière brune avec le vinaigre, la potasse ou l'ammoniaque, n'est point précipitée par le cyano-ferrure de potassium, le perchlorure de mercure et la noix de galle; mais elle l'est par les acétates neutre et basique de plomb et le sulfate de peroxide de fer. La propriété (de la dissolution dans le vinaigre) de n'être point précipitée par le tannin, le perchlorure de mercure et le cyano-ferrure de potassium, distingue la matière brune de l'albumine et de la gélatine végétales, et doit la faire considérer comme un principe particulier.

La matière brune de l'indigo est décomposée par l'acide nitrique. Le liquide étendu d'eau laisse précipiter une matière floconneuse soluble dans l'ammoniaque, et soumis ensuite à l'évaporation, il donne de l'acide oxalique et une masse feuilletée, d'une saveur d'abord acide, puis fortement amère, qui, saturée avec la potasse, donne du nitre et une matière cristalline amère, d'un jaune roux, déliquescente, soluble dans l'alcool, et ne détonant point par la chaleur; ce qui la distingue des produits que donne l'indigo traité par l'acide nitrique.

Il paraît que la matière brune est ce que Chevreul

a obtenu en combinaison avec l'ammoniaque, et qu'il a décrit sous le nom de *matière verte de l'indigo* ; ce qui provient de ce que la dissolution étendue de ce principe dans les alcalis dissout l'indigo, et se colore par là en vert. Chevreul dit qu'il n'a rencontré la matière verte que dans un seul indigo, tandis que j'ai trouvé la matière brune dans toutes les espèces que j'ai examinées, dans les plus riches comme dans les plus pauvres. Il n'est point nécessaire que ce principe se trouve dans l'indigo d'autres plantes, comme dans celui de l'*indigofera*, et je ferai voir ailleurs combien on en obtient du *nerium*, du *spilantus*, du *galega*, *etc.* On peut conjecturer, d'après l'analyse du vouëde faite par Chevreul, que ce principe ou une matière très-analogue se trouve aussi dans cette plante ; car son infusion a donné avec l'acétate de plomb une matière brune.

*Matière rouge de l'Indigo.* On l'obtient en faisant bouillir avec de l'alcool de 0,83 de densité l'indigo traité par les alcalis. Elle est très-difficilement soluble dans l'alcool, et même presque pas à froid. De là, la nécessité d'ébullitions répétées avec de nouvelles portions d'alcool pour la dissoudre entièrement. Vers la fin, la dissolution, au lieu d'une couleur rouge foncée, en prend une d'un bleu clair, due à la présence de l'indigo. Par l'évaporation de l'alcool on obtient un liquide d'un rouge foncé, qui, séparé par le filtre d'une matière pulvérulente d'un brun noir et évaporé, donne un extrait salin qui se dissout de nouveau dans l'eau. C'est une combinaison de matière rouge et de matière brune avec l'alcali, qui peut être précipitée par les acides. En employant le vinaigre en

petit excès, la plus grande partie de la matière brune reste en dissolution ou est emportée par les lavages. Si l'on dissout dans l'alcool la matière rouge restante, on obtient une dissolution d'un beau rouge, qui, évaporée, laisse la matière rouge sous la forme d'un vernis éclatant, d'un brun noir.

Cette matière est insoluble dans l'eau, les acides étendus et les alcalis caustiques. Elle est soluble dans l'alcool et dans l'éther, quoique en petite quantité; l'éther en dissout plus que l'alcool. Par l'évaporation spontanée, elle reste sous la forme d'une poudre d'un rouge foncé.

L'acide sulfurique concentré la dissout en prenant une couleur d'un jaune foncé; l'eau ne précipite rien de cette dissolution; mais la laine la décolore entièrement. L'acide nitrique fumant la dissout aussi et prend une belle couleur pourpre qui passe bientôt au jaune par la décomposition qu'éprouve la matière. Le liquide pourpre, étendu d'eau, laisse précipiter de la matière rouge en apparence sans altération; mais lorsqu'il est devenu jaune, il abandonne une matière jaune floconneuse, semblable à celle qui se présente dans les mêmes circonstances de la dissolution de matière rouge. L'eau précipite la matière rouge en apparence sans altération.

La manière dont la chaleur agit sur cette substance est des plus remarquables. Chauffée brusquement dans l'air, elle se fond, donne de la fumée et s'enflamme en donnant une flamme fuligineuse. Distillée dans un vaisseau vide d'air, elle donne d'abord un sublimé sans cou-

leur, se fond ensuite, bout et se charbonne. On obtient un sublimé cristallin dont les premières parties ressemblent à des gouttes fondues, incolores; vient ensuite une masse brune cristalline, et enfin, près de l'endroit échauffé, une couche fondue, transparente, d'un jaune rouge. Pendant cette opération il ne se dégage aucun gaz. Le sublimé est formé de cristaux sans couleur, mélangés de matière rouge sans altération. En le faisant digérer avec de l'alcool, ce liquide dissout plus de matière rouge que de cristaux, en sorte que ceux-ci restent enfin sans couleur, et peuvent être purifiés par une nouvelle sublimation dans le vide. Le produit est alors d'un blanc de neige; il est formé d'aiguilles microscopiques brillantes et transparentes, et possède les propriétés suivantes. Il est insoluble dans l'eau, sans saveur et sans odeur, sans réaction acide ou alcaline, se dissout lentement dans l'alcool et dans l'éther. L'acide sulfurique concentré le dissout très-lentement avec une belle couleur jaune. Ce qui reste est d'un jaune vif, et l'eau précipite de la dissolution une matière de la même couleur. Chacune de ces substances est une combinaison de l'acide avec le sublimé. L'acide muriatique concentré se combine aussi avec lui et se teint en jaune vif; une trace de matière suffit pour le colorer. Le vinaigre en dissout aussi une petite quantité, mais il ne se colore point. L'acide nitrique faible teint instantanément le sublimé en rouge, et si l'on enlève l'acide et qu'on traite la matière rouge avec de l'alcool ou de l'éther, elle se comporte absolument comme de la matière rouge régénérée. L'acide nitrique concentré le dissout avec une

belle couleur d'un rouge pourpre ; par la chaleur, il le décompose et donne une dissolution jaune. Cette dissolution et les produits de la décomposition ressemblent entièrement à ce que l'on obtient avec la matière rouge non sublimée. L'acide nitrique est un réactif si sensible pour cette matière qu'il prend à l'instant une couleur rouge distincte lorsqu'on y met une trace de matière.

Les alcalis ne dissolvent point le sublimé, même en le faisant bouillir avec des dissolutions très-concentrées.

Si l'on chauffe le sublimé dans un vaisseau ouvert, il se fond et devient jaune, et par le refroidissement il prend de nouveau une texture cristalline. Chauffé plus fortement, il entre en ébullition et se volatilise, mais en se décomposant en partie : il ne se dégage point d'acide ni d'ammoniaque. Chauffé à l'air libre, il fume, s'enflamme et brûle avec une flamme brillante, accompagnée de fumée, et laisse une trace de charbon qui brûle lentement.

Il suit de ce qui précède, que le sublimé en question a le plus grand rapport avec la matière rouge dans la manière dont il se comporte avec l'acide nitrique. S'il est un produit de la distillation, ou s'il existe dans l'indigo, c'est ce qu'il est difficile de décider; il arrive bien de trouver des grains transparens avec la poudre de matière rouge, après l'évaporation de la dissolution alcoolique de cette dernière; mais on ne peut être sûr de les séparer parfaitement avant la sublimation. En outre, la matière rouge se dissout complètement dans

l'acide sulfurique concentré, et ne s'en laisse pas précipiter par l'eau ; ce qui n'est point le cas avec le sublimé. La matière rouge qui est mêlée avec des substances étrangères, telles que la matière végéto-animale de l'indigo ou la matière brune, donne à la vérité un sublimé par sa distillation dans le vide, mais qui n'a aucune apparence de cristallisation et qui a éprouvé évidemment une altération, quoiqu'elle ait conservé quelques-unes de ses propriétés.

*Indigo pur*. Le résidu du traitement de l'indigo par l'alcool n'est point la matière colorante pure ; il retient une portion des substances qui ont été décrites, avec du sable et d'autres impuretés ; et pour obtenir la matière colorante dans son plus grand état de pureté, il faut la dissoudre par le moyen de la chaux et du protoxide de fer, et recevoir la dissolution dans de l'acide muriatique faible qui retient les matières étrangères, ainsi qu'une portion de la base saline que l'indigo aurait pu entraîner en se régénérant au contact de l'air.

L'indigo, purifié par ce procédé, a les propriétés suivantes. Il n'a ni saveur ni odeur, n'exerce aucune réaction acide ou alcaline, et appartient à la classe des substances les plus indifférentes. Sa couleur est le bleu tirant au pourpre, et prend une apparence cuivreuse par le frottement. Chauffé brusquement, il se fond, bouillone, prend feu, brûle avec une flamme vive accompagnée de beaucoup de fumée, et laisse un charbon qui brûle lentement sans résidu. Si on fait l'opération dans le vide, la vapeur d'indigo se condense en cristaux feuilletés éclatans, d'une belle couleur pourpre ; mais il s'en décompose une partie. Il ne se déve-

loppe aucun gaz permanent et il ne se forme point d'eau. En allant très-vite, le sublimé est plus considérable. L'indigo qui se décompose produit une petite quantité d'un corps brun huileux, qu'on sépare des cristaux par des lotions à chaud d'alcool, renouvelées jusqu'à ce qu'il ne se colore plus. Les cristaux que l'on obtient par la distillation de l'indigo du commerce contiennent, outre une huile inflammable, de la matière rouge, et de ce sublimé blanc en lequel celle-ci se décompose. On ne peut les séparer de la matière colorante que par le broiement et des lavages répétés à l'alcool bouillant. Suivant Crum, la température à laquelle l'indigo se volatilise est de 290°, et sa densité est de 1,35. En chauffant l'indigo du commerce avec une lampe à esprit-de-vin entre deux couvercles de creusets de platine, il est parvenu à obtenir jusqu'à 20 pour % d'indigo en cristaux.

L'huile inflammable que l'on obtient par la distillation de l'indigo pur est d'un jaune brun foncé, d'une consistance presque dure, d'une odeur faible, désagréable, ayant de l'analogie avec celle du tabac; elle se dissout lentement dans l'alcool. On obtient d'autant plus de cette huile que l'indigo est moins pur.

C'est une propriété fort remarquable de l'indigo, que, contenant de l'azote, on puisse l'obtenir sous forme gazeuse. La volatilité de ce corps a été remarquée pour la première fois en 1789 par O'Brien, à Londres.

L'indigo pur est insoluble dans l'eau, l'éther, les acides et les alcalis affaiblis : il colore en bleu, par l'ébullition, l'alcool, l'huile d'olive et l'essence de téré-

benthine ; mais, par le refroidissement et le repos, la petite quantité qui avait été dissoute se sépare entièrement.

Le chlore détruit à l'instant l'indigo. L'iode n'agit point sur lui par voie humide ; mais, mêlé à sec et chauffé, la décomposition a lieu. Le phosphore et le soufre sont sans action sur lui.

L'acide sulfurique concentré, surtout celui qui est fumant, le dissout instantanément avec dégagement de chaleur, sans production d'acide sulfureux. L'acide nitrique le décompose avec la plus grande facilité, et donne les produits particuliers très-remarquables qu'on a désignés par les noms d'*acide* et d'*amer de l'indigo*.

*Indigo réduit.*

L'indigo réduit s'obtient par l'action des sulfites et des phosphites, du phosphore, des sulfures de potassium, de calcium, d'antimoine, etc. ; mais la présence d'un alcali est indispensable pour dissoudre l'indigo réduit. Sans cette condition, aucune réaction n'a lieu. On ne connaît qu'un seul cas où la réduction s'opère dans un acide ; c'est lorsqu'on mêle l'acide sulfurique concentré avec trois à quatre fois son volume d'alcool, et qu'on le fait digérer avec de l'indigo dans un vaisseau couvert : la réduction s'opère pendant l'éthérification. On réduit l'indigo pur par le procédé ordinaire de la chaux et du sulfate de fer ; en se servant d'indigo impur, il se dissout une portion de matière rouge, quoiqu'elle soit seule insoluble dans les alcalis, et elle se précipite avec l'indigo quand il se régénère.

Si, après avoir obtenu une dissolution claire d'indigo réduit, on y porte, sans le contact de l'air, quelques gouttes d'acide acétique, il se fait un précipité blanc, floconneux, composé d'écailles cristallines brillantes, particulièrement visibles par l'agitation ou aux rayons solaires, et qui, par le repos ou un excès d'acide, se réunissent en flocons blancs. Plus la dissolution était pure, plus il faut de temps au précipité pour se rassembler. Aussitôt qu'après douze ou vingt-quatre heures de repos la masse ne diminue plus, on décante le liquide, et on jette le précipité sur un filtre où on le lave avec de l'eau bouillie et refroidie dans un vaisseau fermé jusqu'à ce que l'eau ne passe plus acide. On presse ensuite la matière entre du papier absorbant, et on la dessèche dans le vide avec l'acide sulfurique : avant la dessiccation, elle paraît verte, mais après, elle est presque blanche ou d'un gris blanc. On peu même la dessécher à l'air en petites quantités à une température de 24°, sans qu'elle s'altère.

A l'état sec, l'indigo réduit est consistant, d'un blanc grisâtre, avec un certain éclat soyeux, et il est très-vraisemblable que sa couleur est le blanc. La couleur verte qu'il prend avant de devenir bleu, au contact de l'air, paraît annoncer un degré d'oxidation intermédiaire entre le blanc et le bleu. A l'état sec ou humide, il n'a ni saveur ni odeur, n'agit pas sur le papier bleu de tournesol, et n'a point par conséquent les caractères acides. Il est entièrement insoluble dans l'eau; mais il se dissout dans l'alcool et dans l'éther en les colorant en jaune. L'air que renferment ces liquides régénère un peu d'indigo bleu qui se précipite. C'est

par cette solubilité dans l'alcool de l'indigo réduit, que s'explique la réduction de l'indigo au moyen d'un mélange d'alcide sulfurique et d'alcool. La dissolution éthérée ne laisse rien précipiter à l'air de longtemps ; elle devient verte, commence à louchir en passant au pourpre, mais ne commence à déposer de l'indigo que lorsqu'une grande partie de l'éther s'est évaporée ; il se forme alors des écailles pourpres, brillantes, d'une apparence cristalline.

L'indigo réduit, récemment précipité, devient instantanément bleu en le mêlant avec de l'eau contenant de l'air. Exposé, encore humide, quelques heures au contact de l'air, il devient de plus en plus pourpre ; s'il est desséché, il s'oxide beaucoup plus lentement, et il lui faut plusieurs jours pour devenir entièrement bleu. Il ne passe point alors par la couleur verte ; il prend d'abord une couleur bleue claire, et à la fin une couleur bleue foncée, sans pourpre. En chauffant bien graduellement au contact de l'air, de l'indigo réduit desséché, il arrive un point où toute la masse devient instantanément d'un pourpre foncé ; c'est une véritable combustion de l'indigo. En le chauffant dans le vide, il se décompose en donnant un peu d'eau ; mais il est incertain si cette eau est formée dans l'opération ou si elle est seulement dégagée ; il se sublime de l'indigo bleu, et il reste un charbon abondant. Aucun gaz ne se dégage pendant cette décomposition.

L'indigo réduit ne paraît pas se combiner avec les acides affaiblis. L'acide sulfurique concentré fumant le dissout instantanément avec une couleur pourpre extrêmement foncée, qui devient bleue en allongeant

d'eau la dissolution. Il paraîtrait, d'après cela, qu'une portion d'acide sulfurique se décompose, peut-être en acide hypo-sulfurique, et que l'indigo se change en indigo bleu soluble. L'acide nitrique le précipite d'abord en blanc; mais un petit excès d'acide le colore en bleu, et une plus grande quantité le décompose.

L'indigo réduit se combine au contraire très-volontiers avec les bases salines. Il se dissout également bien dans les alcalis carbonatés et caustiques, dans les hydrates de baryte, de strontiane et de chaux. La couleur de la dissolution est d'un jaune pur à froid, et d'un jaune roux à chaud ou quand elle est très-concentrée. La dissolution ammoniacale est assez souvent verte parce qu'elle dissout en même temps de l'indigo ou qu'elle le retient en suspension.

Il n'a pas été possible d'obtenir aucune de ces combinaisons pures à l'état sec. Pendant l'évaporation dans le vide, elles se colorent assez en bleu pour cacher leur véritable apparence; et comme elles se dissolvent dans l'alcool, on ne peut se servir de ce liquide pour les précipiter.

La chaux donne deux combinaisons avec l'indigo réduit. L'une, entièrement saturée d'indigo, est soluble dans l'eau et inconnue dans son état sec; l'autre, avec excès de chaux, est insoluble et d'un jaune citron. Elle se forme pendant la réduction de l'indigo, si l'on ajoute trop de chaux, et se dépose pour la plus grande partie : de manière que l'on peut en séparer le sulfate de chaux nouvellement formé et l'oxide de fer. Elle se dissout en très-petite quantité dans l'eau privée d'air, et la colore en jaune clair. La magnésie forme aussi avec l'indigo réduit une combinaison soluble, mais moins que celle de la

chaux ; c'est pour cela qu'elle se précipite en partie avec une couleur blanche lorsqu'on met un cristal de sulfate de magnésie dans une dissolution d'indigo réduit. Une autre partie reste en dissolution et colore le liquide en jaune.

L'indigo réduit se combine avec les autres bases lorsqu'on met dans sa dissolution un sel cristallisé, et qu'on a soin d'exclure tout contact de l'air. L'alumine donne une combinaison blanche qui bleuit instantanément sur le papier, et qui après la dessication donne une belle poudre d'un bleu foncé, brillant au soleil comme si elle était composée de petites parties cristallines. En général, toutes ces combinaisons bleuissent plus promptement à l'air que l'indigo seul ; sans doute à cause de son état de division. Les sels d'oxidule de fer, d'étain et de plomb, donnent des précipités blancs qui bleuissent aussi à l'air instantanément. Le précipité formé par le fer ne donne point d'indigo par la sublimation ; celui formé par le plomb est un peu cristallin ; il se décompose avec une faible détonation, et le plomb est réduit. Le précipité formé par l'étain donne de l'indigo par la sublimation. Le sulfate neutre de peroxide de fer produit un précipité d'un brun noir, qui ne change pas tant que tout l'indigo n'est pas précipité ; mais en mettant un excès de sulfate, le fer passe aussitôt à l'état d'oxidule, et le précipité brun devient bleu. Les précipités formés par les sels d'oxidule de cobalt et de manganèse ne donnent point d'indigo par la sublimation. Le nitrate d'argent donne un précipité noir qui ne change pas à l'air, et qui donne par la sublimation de l'indigo. Les sels de cuivre, comme on

le sait depuis long-temps, produisent instantanément du bleu. Le cuivre est changé en oxidule, malgré la présence d'une base; mais si l'acide était en excès, le cuivre serait entièrement réduit.

On a expliqué de plusieurs manières le changement que l'indigo éprouve en se décolorant. Giobert croyait que le corps soluble qu'il forme perdait du carbone en devenant bleu au contact de l'air. Doebereiner et, après lui, Chevreul, ont considéré l'indigo réduit comme une combinaison d'hydrogène et d'indigo à laquelle l'hydrogène était fourni par l'eau, de manière que l'indigo se régénérait à l'air par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxigène. Ce changement a pour lui d'être analogue à la formation des hydracides par la décomposition de l'eau, au moyen d'un chlorure, par exemple, et c'est pour cela que Doebereiner croit que l'indigo réduit est un acide qu'il a appelé *acide isatique*. Mais cette explication ne repose sur aucun fait. Il est plus vraisemblable que l'indigo réduit contient le même radical que l'indigo, et que celui-ci est combiné avec une petite quantité d'oxigène. D'après cette manière de voir, l'indigo se comporterait comme le peroxide d'hydrogène, dont la réduction est empêchée par les acides, et qui est au contraire favorisée par les alcalis.

(*La suite dans le Cahier prochain.*)

---

## Sur *l'Électricité acquise par les fils de métal plongés dans les flammes.*

Par M. Becquerel.

(Communiqué à l'Académie royale des Sciences le 23 octobre 1827.)

M. Pouillet, dans un Mémoire lu à l'Académie des Sciences le 30 mai 1825 et imprimé dans le Numéro d'août dernier, des *Annales de Chimie et de Physique*, pag. 401 et suiv., s'est occupé de recherches sur l'électricité dégagée dans les combinaisons gazeuses. Après avoir rappelé les tentatives infructueuses faites par de Saussure et sir H. Davy, pour recueillir de l'électricité pendant la combustion du fer ou du charbon dans l'oxigène ou dans l'air, l'auteur ajoute : « Plus « récemment d'autres physiciens ont tenté de nouvelles « recherches sur l'électricité de la flamme (*Annales* « *de Chimie*, tom. xxv, pag. 378, et tom. xxvii, p. 5); « mais les hypothèses qu'ils ont faites ne pouvaient les « conduire à la vérité. » Cette phrase, qui s'adresse en partie à moi, pouvant faire croire que j'ai été induit en erreur dans l'exposition des phénomènes électriques qui se manifestent pendant le contact des flammes et des fils de métal, j'ai repris mes expériences, je les ai répétées avec soin, et je me suis convaincu que les faits que j'ai observés proviennent de propriétés particulières que les métaux acquièrent à une certaine température quand ils sont plongés dans les flammes; ainsi l'électricité que prend une spirale de platine, plongée dans une partie quelconque d'une flamme produite par la combustion du gaz hydrogène ou de l'alcool, ne provient pas toujours de celle que reçoit de la combustion

cette même partie. Les expériences suivantes ne laisseront aucun doute à cet égard.

Dans cette Note, il ne sera question que des effets électriques qui ont lieu dans le contact des flammes et des fils ou lames métalliques, et non de ceux qui ont été étudiés avec soin par M. Pouillet dans la combustion du charbon, pendant laquelle le charbon prend l'électricité négative, et l'acide carbonique ou l'air ambiant l'électricité positive ; résultat conforme au fait général que j'ai annoncé il y a plus de trois ans, que dans les actions chimiques, et notamment dans la combinaison des acides avec les alcalis, les effets électriques sont inverses de ceux que donne le simple contact.

On connaît la belle découverte de M. Erman sur la réciprocité d'action isolante et conductrice, que le platine incandescent de la lampe aphlogistique de M. Davy exerce sur les deux électricités. Pour montrer cette propriété, on place sur un électromètre une lampe aphlogistique, dont le fil de platine est en pleine incandescence ; on présente au-dessus de la lampe le pôle négatif d'une pile sèche ; les deux feuilles d'or divergent aussitôt ; on présente ensuite de la même manière le pôle positif, et il n'y a alors aucune divergence ; ainsi le fil de platine, qui est incandescent, n'a donné passage qu'à l'électricité négative. Le contraire a lieu quand l'électricité passe d'un fil incandescent, dans un autre qui ne l'est pas, l'un et l'autre fil étant à distance. Tel est le principe qui me sert à expliquer les phénomènes que j'ai observés.

On pose sur le plateau supérieur d'un excellent condensateur une lampe aphlogistique en cuivre, dont la spirale en platine est séparée du vase par un tube en

verre, auquel elle est fixée. Le plateau inférieur est en communication avec la terre. Si on les sépare, on trouve que l'alcool a pris pendant la combustion un excès considérable d'électricité négative, comme on devait s'y attendre. L'électricité positive doit donc se trouver dans la partie de l'air qui environne la mèche et la spirale. Mais si l'on touche cette dernière avec un fil de platine que l'on tient à la main, les effets changent, on soutire toute l'électricité négative qui s'est dégagée, et il ne reste plus dans l'alcool ou le vase qui le renferme, que de l'électricité positive. On obtient encore le même résultat lorsque la spirale incandescente est entourée d'une autre spirale formée d'un fil plus gros, et qui n'en est séparé que de quelques millimètres. Ces faits s'expliquent aisément à l'aide du principe de M. Erman, car les deux électricités dégagées pendant la combustion, se trouvant dans un état d'équilibre qui paraît avoir quelque rapport avec celui des deux électricités produites par le contact de deux métaux, et la spire incandescente donnant seulement passage à l'électricité négative, l'autre électricité se répand alors sur les corps environnans et charge le condensateur.

Maintenant je remplace la lampe aphlogistique par une capsule en laiton remplie d'alcool où plonge une mèche en coton, passée dans un tube de verre soutenu par une rondelle de liége, pour empêcher que la flamme ne touche les parois de la capsule; puis j'allume cette lampe. On reconnaît peu après, en séparant les plateaux du condensateur, que l'alcool a encore pris un excès assez grand d'électricité négative. Quant à l'électricité positive, elle doit se trouver quelque part, et il est certain qu'elle est dans la flamme et les parties adja-

centes ; mais peut-on se servir de fils de platine pour l'aller chercher dans l'intérieur ? non ; car si l'on touche la flamme, soit dans son intérieur, soit dans son contour extérieur, avec un fil de platine ou une lame de métal qui atteigne la température rouge, aussitôt l'alcool prend un excès d'électricité positive, tandis que le fil manifeste une électricité contraire, en raison de son incandescence. Un fil de platine d'un centième de millimètre de diamètre, qui ne fait que toucher la flamme en un point, se comporte encore de même, ainsi qu'une spirale faite avec un fil de platine d'un diamètre assez petit pour atteindre la température rouge, quand on la place à quelques millimètres de distance de la partie visible de la flamme.

Des fils d'or, d'argent, de cuivre, de fer, placés dans les mêmes circonstances que des fils de platine, conduisent à des résultats semblables ; il est donc bien démontré par là qu'on ne doit pas se servir de fils métalliques incandescens pour aller chercher l'électricité que possède une enveloppe quelconque d'une flamme, puisque la température modifie assez leur conductibilité pour ne plus donner passage qu'à une seule électricité ; de sorte que l'autre se répand alors librement sur tous les corps conducteurs environnans.

Il reste maintenant à examiner ce qui a lieu quand des corps métalliques d'une masse plus ou moins considérable ne deviennent plus incandescens quand ils sont plongés dans les flammes. Ce problème devient alors compliqué, attendu les changemens qui ont lieu dans la conductibilité ; c'est une question qui demande à être étudiée avec soin, et dont je vais m'occuper.

---

## ANALYSE *de quelques Alliages de Bismuth.*

PAR M. LÉONARD LAUGIER.

PARMI les moyens analytiques employés pour séparer le bismuth des autres métaux avec lesquels il peut être allié, l'eau a été l'agent choisi de préférence par la propriété qu'elle possède de décomposer les sels de bismuth, quoique l'on sache que ce liquide n'opère jamais une séparation complète, même dans les circonstances les plus favorables, c'est-à-dire, qu'après avoir dissous ce métal dans l'acide nitrique, évaporé à siccité, et traité par l'eau, il en reste encore une partie en dissolution.

Il fallait donc recourir à un procédé plus rigoureux pour arriver à une analyse exacte : j'ai découvert que le carbonate d'ammoniaque mis en excès dans un sel de bismuth, redissolvait entièrement le précipité d'abord formé ; mais le carbonate de potasse et surtout celui de soude, ne jouissent point de la même propriété.

Pour m'assurer jusqu'où pouvait aller l'erreur commise dans le traitement par l'eau, j'ai dissous 10$^{gr.}$ de bismuth pur dans l'acide nitrique étendu ; j'ai évaporé complètement à siccité et traité par l'eau, et dans la liqueur filtrée, j'ai obtenu par l'hydrosulfate de potasse, un précipité de sulfure de bismuth correspondant à 0$^{gr.}$52 de métal.

*Analyse d'un Alliage de Plomb et de Bismuth.* Je traite par l'acide nitrique étendu d'eau de manière à dissoudre complètement les deux métaux. Je verse dans la dissolution du carbonate d'ammoniaque qui précipite

d'abord les carbonates de plomb et de bismuth : en ajoutant un excès du précipitant, ce dernier se redissout complètement. On filtre, on lave avec du carbonate d'ammoniaque afin d'enlever tout le bismuth qui pourrait sans cette précaution adhérer au carbonate de plomb. Enfin, lorsque l'on est certain qu'il ne peut plus y avoir de bismuth, on termine les lavages avec de l'eau tiède. Cette précaution est nécessaire pour dissoudre tout le carbonate d'ammoniaque employé aux lavages.

On prend la liqueur alkaline, on la sature par un acide, puis l'on y verse de l'ammoniaque en excès ; tout l'oxide de bismuth se précipite ; on le recueille sur un filtre, on dessèche et on pèse.

Il est une autre méthode, plus simple peut-être, mais moins exacte ; c'est de faire bouillir la liqueur alkaline, évaporer à siccité, traiter par l'eau, filtrer pour receuillir l'oxide de bismuth ainsi précipité ; mais cette méthode conduit à un inconvénient qu'il est difficile d'éviter, c'est l'adhérence de l'oxide au vase évaporatoire.

| | Alliage employé. | Analyse. |
|---|---|---|
| Plomb..... | 0g,5 | 0g,491 ; |
| Bismuth.... | 0 ,5 | 0 ,496. |
| | | 0 ,987. |

Quoique l'analyse quantitative soit le meilleur moyen de prouver l'exactitude d'un procédé, j'ai voulu m'assurer si réellement les deux métaux étaient bien séparés l'un de l'autre par le carbonate d'ammoniaque ; si le plomb ne retenait pas de bismuth, si le bismuth ne contenait pas de plomb. J'ai donc fait l'analyse qualitative et du carbonate de plomb et de l'oxide de bis-

muth. Je les ai dissous dans l'acide nitrique faible ; j'ai évaporé à siccité et traité par l'eau.

Le nitrate de plomb s'est dissous totalement ; il n'y avait donc pas de traces de bismuth.

Le nitrate de bismuth s'est trouvé décomposé par l'eau, et en versant un sulfate soluble dans la liqueur filtrée, je n'ai obtenu aucun précipité ; il n'y avait donc pas de traces de plomb.

*Analyse de l'Alliage fusible de* D'Arcet, *composé de* 8 *de Bismuth*, 5 *de Plomb et* 3 *d'Étain.* On traite par l'acide nitrique étendu ; l'étain se sépare à l'état d'oxide, le plomb et le bismuth se dissolvent ; on filtre, on lave avec de l'eau acidulée ; l'oxide d'étain resté sur le filtre donne le poids du métal.

Quant à la liqueur acide contenant en dissolution les nitrates de plomb et de bismuth, on la traite comme il vient d'être dit. L'analyse de 1gr.,6 d'alliage a donné :

| | |
|---|---|
| Bismuth.... | 0.798 ; |
| Plomb..... | 0.495 ; |
| Etain...... | 0.3. |
| | 1.593. |

---

## Sur *l'Efflorescence*.

Plusieurs sels exposés à l'air ont, comme on sait, la propriété de s'effleurir ; c'est-à-dire de tomber en poussière et de perdre de leur eau de cristallisation ; et on pense généralement que les sels, après l'efflorescence, sont entièrement anhydres. Convaincu depuis long-

temps que cette opinion n'était point exacte, j'ai fait quelques essais sur les principaux sels qui jouissent de l'efflorescence à un haut degré.

Le sulfate de soude hydraté, exposé à l'air par un temps même peu sec, perd facilement toute son eau de cristallisation.

Le phosphate de soude devient promptement opaque sans changer de forme. Après trois mois d'exposition à l'air, il contenait, le 18 juillet, 7,4 proportions d'eau (on sait que dans son état ordinaire il en contient 12). Réduit en poudre, et exposé à l'air en couche mince sur une feuille de papier, il a donné, le 26 juillet, 6,5 proportions d'eau. Exposé de nouveau à l'air, par un temps chaud et sec, il n'en contenait plus, le 31 juillet, que 5,65 proportions. Abandonné ensuite jusqu'au 21 octobre, époque à laquelle le temps était devenu plus froid et plus humide, il s'est trouvé contenir 7,2 proportions d'eau; du phosphate qui avait été calciné, a repris, en cinq jours, à l'air, à peu près une demi-proportion d'eau.

Le carbonate de soude se comporte à l'air comme le phosphate; il devient opaque, et perd beaucoup d'eau sans que sa forme s'altère; mais je ne l'ai jamais trouvé anhydre à l'air.

Il resulte de ces observations que quelques sels peuvent perdre complètement leur eau de cristallisation à l'air, mais que d'autres en retiennent des quantités variables avec son état hygrométrique. Je ne prétends pas cependant que l'eau ne puisse s'arrêter à des proportions définies; il paraît seulement que dans le phosphate et le carbonate de soude l'affinité qui lie une proportion d'eau d'un certain numéro, la 7$^{e}$, par exemple, est peu différente de celle qui unit la proportion immédiatement au-dessus, ou immédiatement au-desous.

G.-L.

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 755,64 | + 6,4 | 80 | 756,29 | + 8,6 | 74 | 757,15 | + 9,2 | 69 | 753,26 | + 4,2 | 80 | + 9,2 | + 4,0 | Nuageux. | N. fort. |
| 2 | 752,76 | + 8,8 | 88 | 750,80 | +10,3 | 89 | 752,82 | + 9,8 | 80 | 757,84 | + 7,5 | 80 | +10,3 | + 7,0 | Couvert, pluie. | O. N. O. |
| 3 | 762,60 | + 8,3 | 82 | 762,92 | +10,0 | 73 | 762,42 | +10,8 | 79 | 762,84 | + 8,0 | 84 | +10,8 | + 4,4 | Eclaircies. | S. O. |
| 4 | 764,40 | + 9,5 | 90 | 764,54 | +12,5 | 82 | 764,50 | +12,4 | 84 | 766,17 | +10,0 | 89 | +12,5 | + 7,0 | Couvert. | O. S. O. |
| 5 | 768,05 | +10,4 | 88 | 768,38 | +13,2 | 87 | 768,45 | +13,0 | 87 | 769,50 | +11,5 | 90 | +13,2 | + 8,7 | Très-nuageux. | O. |
| 6 | 767,68 | +11,5 | 89 | 766,64 | +13,3 | 85 | 765,40 | +13,3 | 84 | 764,40 | +11,0 | 89 | +13,3 | +11,6 | Couvert. | O. |
| 7 | 762,29 | +10,9 | 88 | 761,84 | +12,7 | 87 | 761,20 | +12,1 | 84 | 760,45 | +10,7 | 83 | +12,8 | +10,0 | Couvert | N. O. |
| 8 | 759,82 | + 7,3 | 90 | 759,66 | +10,3 | 82 | 759,13 | + 9,5 | 80 | 759,46 | + 8,0 | 88 | +10,3 | + 6,8 | Couvert. | E. S. E. |
| 9 | 756,57 | + 8,5 | 89 | 755,53 | +10,2 | 89 | 754,20 | +10,7 | 87 | 753,57 | + 9,4 | 89 | +10,7 | + 7,5 | Couvert. | S. |
| 10 | 755,04 | +11,3 | 89 | 755,63 | +13,1 | 81 | 756,27 | +12,2 | 77 | 755,47 | + 9,1 | 85 | +13,1 | + 9,1 | Couvert. | N. O. |
| 11 | 758,49 | +11,4 | 90 | 757,82 | +13,7 | 85 | 757,18 | +13,2 | 85 | 757,20 | +11,9 | 90 | +13,7 | +10,5 | Couvert. | O. N. O. |
| 12 | 760,06 | + 8,5 | 88 | 760,38 | +11,5 | 78 | 760,32 | +12,0 | 70 | 761,60 | + 7,5 | 80 | +12,0 | + 7,5 | Nuageux. | N. O. |
| 13 | 761,68 | + 8,5 | 88 | 761,24 | + 9,2 | 89 | 760,58 | + 8,2 | 89 | 760,60 | + 5,2 | 82 | + 9,2 | + 4,7 | Pluie fine. | N. O. |
| 14 | 759,90 | + 2,8 | 84 | 758,90 | + 4,0 | 70 | 758,10 | + 3,8 | 69 | 757,34 | − 0,3 | 83 | + 4,0 | − 0,8 | Eclaircies. | E. S. E. |
| 15 | 754,92 | − 1,5 | 89 | 753,48 | + 3,4 | 77 | 752,62 | + 4,0 | 75 | 750,10 | + 2,9 | 85 | + 4,0 | − 4,2 | Quelq. petits nuages. | S. O. |
| 16 | 747,58 | + 5,5 | 89 | 748,12 | + 8,0 | 81 | 748,00 | + 9,8 | 79 | 750,60 | + 7,8 | 85 | + 9,8 | + 4,8 | Couvert. | S. S. E. |
| 17 | 754,30 | + 6,4 | 85 | 754,65 | +10,1 | 83 | 754,86 | +11,0 | 82 | 756,56 | + 7,5 | 90 | +11,0 | + 4,2 | Nuageux. | S. E |
| 18 | 759,86 | + 5,5 | 89 | 760,28 | +10,6 | 88 | 759,92 | +11,9 | 82 | 761,08 | + 6,7 | 89 | +11,9 | + 3,5 | Légèses vapours. | S. E |
| 19 | 762,50 | + 1,9 | 90 | 762,46 | + 7,2 | 89 | 762,17 | +10,2 | 88 | 761,02 | + 6,0 | 90 | +10,2 | + 1,2 | Légères vapeurs. | N. N. E. |
| 20 | 761,26 | + 3,5 | 90 | 760,42 | + 5,1 | 89 | 759,28 | + 5,0 | 89 | 758,86 | + 4,8 | 92 | + 5,1 | + 2,5 | Brouillard très-épais | E. N. E. |
| 21 | 758,52 | + 4,7 | 90 | 759,48 | + 4,5 | 88 | 758,50 | + 5,7 | 85 | 757,88 | + 2,2 | 82 | + 5,7 | + 1,7 | Couvert. | E. N. E. |
| 22 | 754,53 | + 1,5 | 89 | 752,60 | + 2,8 | 87 | 752,04 | + 4,3 | 74 | 751,37 | − 1,5 | 89 | + 4,2 | − 1,5 | Couvert, brouillard. | N. N. O. |
| 23 | 750,60 | − 0,9 | 89 | 750,04 | + 1,1 | 85 | 749,40 | + 0,5 | 85 | 748,10 | − 0,8 | 92 | + 1,1 | − 1,7 | Couvert. | O. N. O. |
| 24 | 749,90 | − 0,0 | 89 | 751,30 | + 2,0 | 88 | 752,74 | + 3,4 | 83 | 757,42 | − 1,0 | 88 | + 3,4 | − 1,9 | Quelques éclaircies. | N. O. |
| 25 | 760,34 | − 0,2 | 89 | 760,18 | + 4,0 | 83 | 758,68 | + 1,5 | 84 | 759,44 | + 1,7 | 92 | + 4,0 | − 1,5 | Quelq. floc. de neige. | O. S. O. |
| 26 | 765,10 | + 2,3 | 88 | 766,30 | + 2,8 | 83 | 766,82 | + 2,0 | 89 | 769,20 | + 0,7 | 89 | + 2,8 | + 0,5 | Couvert, brouillard. | E. S. E. |
| 27 | 770,11 | + 0,2 | 89 | 767,45 | + 1,5 | 85 | 768,26 | + 0,9 | 86 | 766,12 | − 2,0 | 89 | + 1,5 | − 2,0 | Couvert. | S. E. |
| 28 | 763,32 | − 3,8 | 90 | 761,96 | − 0,8 | 89 | 760,23 | + 0,4 | 89 | 756,71 | − 2,8 | 90 | + 0,4 | − 3,8 | Couv., br. très-épais | S. S. E. |
| 29 | 745,91 | + 0,7 | 90 | 744,40 | + 2,5 | 90 | 744,76 | + 6,7 | 90 | 747,32 | + 5,0 | 90 | + 6,7 | + 0,6 | Très-couv., brouill | O. S. O. |
| 30 | 748,60 | + 4,2 | 90 | 742,54 | + 6,5 | 90 | 746,42 | + 8,0 | 90 | 746,50 | +10,0 | 90 | +10,0 | + 2,8 | Convert, pluie fine. | S. S. O. |
| 1 | 760,48 | + 9,3 | 87 | 760,22 | +11,4 | 83 | 760,15 | +11,3 | 81 | 761,10 | + 8,9 | 86 | +11,6 | + 7,5 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 758,06 | + 5,2 | 88 | 757,77 | + 8,3 | 83 | 757,24 | + 8,9 | 81 | 757,59 | + 6,0 | 87 | + 9,1 | + 3,4 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 2 695 |
| 3 | 756,69 | + 0,9 | 89 | 756,52 | + 2,7 | 87 | 755,78 | + 3,3 | 85 | 756,01 | + 1,2 | 88 | + 4,0 | + 0,6 | Moyenn. du 21 au 30 | Terrasse, 2,130 |
| | 758,41 | + 5,1 | 88 | 758,17 | + 7,5 | 84 | 757,73 | + 7,8 | 82 | 758,23 | + 5,4 | 87 | + 8,2 | + 3,4 | Moyennes du mois, | + 5,8. |

## Sur *les Actions magnétiques excitées dans tous les corps par l'influence d'aimans très-énergiques.*

Par M. Becquerel.

( Lu à l'Académie royale des Sciences le 17 septembre 1827. )

Coulomb est le premier physicien qui se soit occupé des actions produites dans tous les corps par l'influence de forts aimans. Son procédé consiste, comme on sait, à faire osciller entre les pôles opposés de deux barreaux aimantés, de petites aiguilles d'une substance quelconque, suspendues à un fil simple de cocon, lesquelles, après quelques oscillations, viennent se placer dans la direction des pôles. Ce savant célèbre ne voulut pas en conclure de suite que tous les corps étaient magnétiques par eux-mêmes, indépendamment du fer qu'ils pouvaient renfermer; car il chercha à déterminer par le calcul la quantité de ce métal qui devait être renfermée dans chaque aiguille pour produire les effets qu'il avait observés. La supposition était naturelle, et s'il l'eût suivie dans toutes ses conséquences, il aurait reconnu que la direction des corps, suivant la ligne des pôles, n'était qu'un cas particulier d'une loi plus générale.

Une vingtaine d'années s'écoulèrent sans qu'on ajoutât rien aux expériences de Coulomb; mais l'importante découverte de M. OErsted et les beaux travaux de M. Ampère sur l'électro-dynamique, en faisant connaître de nouvelles forces magnétiques dont on peut aug-

menter presqu'indéfiniment l'intensité, fournirent les moyens de soumettre les corps à leur influence et d'observer les différences qui peuvent exister entre ces deux modes d'action ; en mars 1824, j'eus l'honneur de lire devant l'Académie un Mémoire sur des recherches de ce genre. Je substituai à l'aiguille aimantée, dans un galvanomètre dont chaque bout du fil communiquait à l'un des pôles d'une pile voltaïque, de petites aiguilles en bois, en gomme laque, et autres substances, qui éprouvèrent toutes de la part du courant électrique une action telle, qu'elles vinrent se placer dans le sens des circonvolutions du fil, au lieu de se mettre dans une direction perpendiculaire, comme on devait s'y attendre en raison du fait observé par Coulomb.

M. Arago a constaté aussi l'action d'un aimant sur tous les corps, principalement sur les métaux, en montrant qu'un disque métallique, auquel on imprime un mouvement de rotation rapide, fait dévier l'aiguille aimantée de sa position d'équilibre ordinaire. La rotation multiplie, dans cette circonstance, les actions magnétiques qui résultent de l'influence de l'aiguille aimantée sur le disque. M. Muncke, professeur de physique à Heidelberg, a fait quelques observations sur l'action qu'éprouve une aiguille d'un laiton particulier, placée entre deux aimans. Si ce fil, suspendu horizontalement à un fil de soie, est placé à peu de distance du pôle d'un aimant, il ne se manifeste ni attraction ni répulsion ; mais aussitôt qu'on approche le pôle d'un autre aimant, on aperçoit un magnétisme décisif qui donne une direction à l'aiguille. Cette propriété, suivant M. Muncke, n'appartient à aucun autre corps

qu'au laiton, qui la lui a donnée ; ainsi elle ne dépend d'aucune loi générale. Telles sont les recherches qui ont été faites pour constater l'action de l'aimant sur tous les corps.

La direction que prennent les aiguilles de bois ou d'autres substances, quand on les soumet à l'influence d'un courant électrique énergique, et diverses autres considérations m'engagèrent à étudier de nouveau et comparativement les phénomènes produits sur ces corps, soit par des barreaux fortement aimantés, soit par des courans électriques énergiques. Je ne parlerai seulement dans ce Mémoire que de l'action des aimans sur l'acier, le fer doux, les oxides de fer et le bois, lorsqu'on fait varier leurs distances à l'un des pôles. Les résultats auxquels je suis parvenu pourront servir à fournir quelques données à la théorie du magnétisme.

*Des Effets éprouvés par une aiguille aimantée ou une aiguille de fer doux, placée en présence d'un barreau aimanté dont on fait varier la distance.*

Quoique les résultats auxquels conduit ce mode d'action se déduisent directement de la théorie mathématique, et ne présentent par conséquent rien de particulier, j'ai cru convenable néanmoins d'en rapporter ici quelques-uns obtenus par l'expérience, pour montrer comment on passe des actions d'un aimant sur un autre aimant, ou le fer doux, à celles d'un aimant sur tous les autres corps.

M. Haüy, par son procédé du double magnétisme, a montré comment on peut faire prendre à une aiguille

aimantée une direction perpendiculairement à celle qu'elle a ordinairement. Il suffit pour cela de mettre un petit barreau aimanté dans le plan horizontal de l'aiguille et dans sa direction, de manière que les pôles de même nom soient en regard; si l'on rapproche alors le barreau de l'extrémité de l'aiguille, celle-ci se dévie de sa direction et finit par en prendre une qui lui est perpendiculaire. Ces effets résultent des actions combinées des pôles du barreau et de ceux de la terre sur le magnétisme de l'aiguille.

Mais si l'on agit sur l'aiguille aimantée avec un barreau qui n'est plus dans son plan, et en mettant en regard les pôles de nom contraire, au lieu des pôles de même nom, elle ne change pas de direction tant que le centre de suspension est à une distance convenable du pôle le plus voisin; il n'en est plus de même quand cette distance varie dans certaines limites, comme on le verra dans le tableau suivant.

Le barreau aimanté dont j'ai fait usage a 8 décimètres de longueur sur 4 centimètres de large, et est formé de six barreaux jointifs.

J'ai mis l'aiguille aimantée à diverses hauteurs en dedans et en dehors du barreau, et j'ai cherché pour chacune d'elles la distance horizontale du point de suspension, qui est toujours sur une ligne parallèle à la ligne des pôles et dans le plan vertical qui passe par cette direction, à l'extrémité la plus voisine, pour que sa direction soit perpendiculaire à cette ligne; j'ai obtenu alors :

| Distance verticale du centre de suspension au barreau. | Distance horizontale du centre de suspension à l'extrémité, pour que l'aiguille prenne la position perpendiculaire. |
|---|---|
| 100 millim. | 60 millim. en dedans. |
| 150 | 55 |
| 200 | 46 |
| 250 | 23 |
| 300 | 12 |
| 350 | 45 en dehors. |
| 400 | 82 |

On voit donc que lorsque le centre de suspension est au-dessus du barreau, il faut, pour obtenir la direction perpendiculaire à la ligne des pôles, augmenter la distance verticale, en même temps qu'on diminue la distance horizontale.

L'aiguille étant dans la direction perpendiculaire, si l'on continue à porter en avant le centre de suspension, elle reprend naturellement la direction primitive.

En substituant à l'aiguille aimantée une aiguille de fer doux, on obtient des résultats absolument semblables à ceux que je viens d'exposer. Ils n'en diffèrent que par l'intensité. Ainsi cette aiguille, quand elle est dans la direction perpendiculaire, a encore ses pôles à ses extrémités. Jusqu'ici, il n'y a aucun phénomène nouveau; il n'en est plus de même dans les faits suivans.

*Action d'un barreau aimanté sur une petite cartouche de papier remplie d'un mélange de deutoxide et de tritoxide de fer.*

Je n'examine pas ce qui a lieu quand on soumet à un barreau aimanté une petite cartouche de papier qui renferme seulement du deutoxide de fer, parce que cette substance étant très-magnétique, les effets sont les mêmes que ceux qu'on obtient avec une aiguille aimantée ; mais il n'en est plus ainsi, en soumettant à l'expérience un mélange de tritoxide et de deutoxide de fer, même dans la proportion de 1 à 3°. La distribution du magnétisme ne s'y fait plus comme dans une aiguille d'acier ou de fer, quoique les actions magnétiques soient encore considérables.

Si l'on place le centre de suspension de la cartouche le plus près possible de l'une des extrémités du barreau, de l'extrémité boréale par exemple, et sur une ligne parallèle à la ligne des pôles, cette cartouche se met immédiatement dans une direction perpendiculaire à celle-ci ; au lieu de se diriger dans son sens, comme le ferait une aiguille de fer doux. Si on l'écarte de cette direction, elle y revient par une suite d'oscillations, dont la vitesse dépend de la quantité de deutoxide qu'elle contient. Il résulte de là que tout le magnétisme austral de la cartouche est situé sur la partie qui regarde le barreau, tandis que le magnétisme boréal est de l'autre côté, comme on peut le voir en promenant une petite aiguille aimantée tout le long de la cartouche. Cette distribution du magnétisme est impossible, comme on sait, dans l'acier

trempé ou le fer doux soumis à l'influence d'un aimant.

Maintenant, si l'on porte le centre de suspension en dedans du barreau, la cartouche se dévie de la position qu'elle avait d'abord prise, et tend à se rapprocher continuellement de la direction parallèle à la ligne des pôles. Ainsi l'effet est tout-à-fait contraire à celui que donne l'aiguille aimantée dans les mêmes circonstances. Dans cette position, la distribution du magnétisme est encore la même que lorsque le centre de suspension était très-rapproché de l'une des extrémités du barreau. Le magnétisme transversal que la cartouche possède alors est permanent pendant quelque temps, quelque petite que soit la quantité de deutoxide qu'elle renferme. Il doit donc résulter de là des effets composés quand on retourne la cartouche, puisqu'il se forme alors de nouveaux pôles, qui concourent, ainsi que les premiers, à l'action qu'elle éprouve de la part du barreau.

Le tableau suivant renferme divers résultats d'expériences.

| Distance verticale du centre de suspension au barreau. | Distance horizontale du centre de suspension, à l'une des extrémités du barreau. | Déviations de la cartouche par rapport à la direction perpendiculaire à la ligne des pôles. |
|---|---|---|
| 10 mill. | 5 | 24 |
| | 10 | 44 |
| | 15 | 60 |
| | 20 | 73 |
| | 25 | 78 |
| | 30 | 84 |
| 20 | 5 | 50 |
| | 10 | 65 |
| | 15 | 73 |
| | 20 | 77 |
| | 30 | 82 |
| 30 | 5 | 70 |
| | 20 | 76 |
| | 30 | 82 |

*Action d'un Barreau aimanté sur une cartouche de papier remplie de tritoxide de fer.*

Le tritoxide de fer, retiré du nitrate de même métal, est exempt de deutoxide, et son magnétisme est bien plus faible que lorsqu'il en renferme. Une cartouche de papier qui en est remplie, et dont le point de suspension est très-près de l'une des extrémités du barreau, se place aussi dans une direction perpendiculaire à la ligne des pôles; mais si l'on porte ce point en dedans ou en dehors du barreau, en faisant varier en même temps la distance verticale, la cartouche se dévie de sa direc-

tion primitive, sans cependant se mettre dans une direction perpendiculaire à celle qu'elle prend ordinairement lorsque le centre de suspension est très-rapproché de l'extrémité. Je pense néanmoins qu'il serait possible d'atteindre la direction perpendiculaire, en employant des barreaux aimantés plus énergiques que ceux dont j'ai fait usage.

| Distance verticale du point de suspension au barreau. | Distance horizontale du point de suspension à l'extrémité du barreau. | Déviations par rapport à la direction perpendiculaire à la ligne des pôles. |
|---|---|---|
| | En dehors du barreau. | |
| 5 mill. | 5 | 25 |
| | 10 | 34 |
| | 15 | 48 |
| | 20 | 55 |
| | 25 | 70 |
| 10 | 5 | 32 |
| | 10 | 37 |
| | 15 | 43 |
| | 20 | 46 |
| | 25 | 40 |
| | En dedans. | |
| 5 | 10 | 26 |
| | 15 | » |
| | 20 | 45 |
| | 25 | 51 |
| 10 | 10 | 20 |
| | 15 | 30 |
| | 20 | 45 |
| | 25 | 50 |

Dès l'instant que le tritoxide de fer renferme une très-petite quantité de deutoxide, la vitesse des oscillations de la cartouche augmente d'une manière assez forte : par exemple, si l'on en prend deux parfaitement égales, dont l'une soit remplie de tritoxide de fer, et l'autre de tritoxide mélangé avec un vingtième de deutoxide, la première fera 12 oscillations en 30 secondes, autour de la direction perpendiculaire à la ligne des pôles, tandis que l'autre en produira 25 dans le même temps. Cette différence suffit pour montrer que l'on peut se servir du procédé que je viens d'indiquer, pour déterminer la quantité de deutoxide de fer qui est renfermée quelquefois dans le tritoxide.

### *Actions de deux Aimans très-puissans sur une aiguille de bois.*

Le bois, la gomme laque et autres substances ont encore un magnétisme plus faible que le tritoxide de fer; aussi serait-il nécessaire de rapprocher les distances pour rendre les effets plus sensibles.

Je place d'abord l'aiguille de bois, qui a 4 centim. de long, entre deux pôles opposés de deux aimans, dont les extrémités sont à quelques millimètres de distance, et son point de suspension le plus rapproché possible de l'intervalle qui les sépare. L'aiguille vient alors se placer perpendiculairement à la ligne des pôles, au lieu de se mettre dans sa direction, comme l'a observé Coulomb, quand les extrémités sont à une certaine distance l'une de l'autre; ainsi, dans la position où je l'ai mise, elle se comporte comme la cartouche qui renferme un mélange de tritoxide et de deutoxide, ou

seulement du tritoxide. Mais si on éloigne peu à peu les extrémités, elle finit par se mettre dans la ligne des pôles ; aussi trouve-t-on les résultats suivans.

| Distance des extrémités des barreaux. | Déviations. |
|---|---|
| 10 | 18 |
| 20 | 36 |
| 30 | 56 |
| » | » |

Lorsque ces deux barreaux sont très-rapprochés l'un de l'autre et que l'aiguille est perpendiculaire à la ligne des pôles, si on la dérange de cette position et qu'on la maintienne pendant quelques instans dans le sens de cette ligne, elle y reste ; mais le moindre mouvement la fait revenir dans sa direction primitive, qui est celle qu'elle prend de préférence.

En ne se servant que d'un seul barreau, et plaçant l'aiguille de bois précisément vis-à-vis l'une de ses extrémités et le plus près possible de la ligne qui la termine, elle se dirige encore perpendiculairement à la ligne des pôles. Mais si le point de suspension restant toujours sur cette ligne, on l'avance en dedans du barreau, l'aiguille se dévie de sa direction, sans cependant atteindre 90, ou du moins si elle y parvient, c'est d'une manière irrégulière quand le point de suspension est au-delà d'une certaine distance de l'extrémité du barreau. Cela prouve que, passé cette distance, le moindre changement dans la position du centre de sus-

pension suffit pour modifier singulièrement la direction.

| Distance du centre de suspension à l'extrémité du barreau. | Déviations de l'aiguille de bois. |
|---|---|
| 5 mill. | 12 |
| 10 | 18 |
| 15 | » |

L'action d'une aiguille de gomme laque sur un aimant seulement est appréciable, mais moins que celle de bois.

Dans la cartouche remplie de tritoxide de fer ; dans les aiguilles de bois, de gomme laque et autres, il est impossible de reconnaître la position des pôles, comme dans la cartouche qui renferme du tritoxide et du deutoxide ; on peut dire seulement, par analogie, qu'ils sont placés dans le même sens, attendu que ces corps se mettent dans la même position quand on les place semblablement.

En résumé, on voit que les effets magnétiques produits dans l'acier ou le fer doux, par l'influence d'un barreau fortement aimanté, diffèrent essentiellement de ceux qui ont lieu dans tous les corps où le magnétisme est plus faible. Dans les premiers, quelles que soient les directions qu'ils prennent par rapport au barreau, la distribution du magnétisme s'y fait toujours dans le sens de la longueur, à l'exclusion de toute autre direction, tandis que dans le tritoxide de fer, le bois, la gomme laque, etc., elle a lieu la plupart du temps dans le sens de la largeur, et toujours lorsqu'on n'em-

ploie qu'un seul barreau et quelle que soit la direction de l'aiguille.

Cette différence d'effets, qui établit une ligne de démarcation entre ces deux espèces de phénomènes, tient à ce que le magnétisme étant très-faible dans le tritoxide de fer, le bois, etc., on peut négliger la réaction du corps sur lui-même ; dès-lors l'action directe du barreau doit l'emporter. Néanmoins ce principe seul n'explique pas les diverses positions que prennent en présence du barreau les corps soumis à leur influence, et dans lesquels la distribution du magnétisme se fait ordinairement dans le sens de la largeur.

Quoique les nombres que j'ai rapportés dans ce Mémoire représentent assez exactement les déviations des différentes aiguilles, on ne doit néanmoins les considérer que comme des valeurs approchées ; car il aurait fallu des appareils d'une grande précision pour les déterminer avec exactitude. Mais comme les résultats principaux m'ont paru importans, j'ai pris la liberté de les communiquer à l'Académie, en attendant que je revienne avec de nouveaux détails sur cette question, à laquelle je rattacherai les effets produits dans tous les corps par l'influence de courans électriques énergiques.

---

## SUITE *des Recherches sur l'Indigo.*

PAR Mr J. J. BERZELIUS.

### *Indigo soluble.*

LORSQUE l'acide sulfurique dissout une matière végétale, on sait qu'il s'en décompose une plus ou moins grande partie, et qu'il se change en acide hypo-sulfurique, qui a la propriété de se combiner avec une certaine quantité de matière organique, de manière que lorsqu'on le sature avec une base, la matière organique ne se sépare point, mais reste combinée avec le sel. C'est de cette manière qu'agit l'indigo sur l'acide sulfurique ; il se forme plusieurs substances remarquables dont la vraie nature ne pouvait être connue avant la découverte de l'acide hypo-sulfurique. Tous les résultats dont il sera parlé plus bas ne doivent s'entendre que de l'indigo purifié, parce qu'avec l'indigo ordinaire ils seraient différens.

Lorsqu'on met de l'indigo pur avec de l'acide sulfurique fumant, la dissolution s'en opère promptement, sans dégagement d'acide sulfureux, même lorsque l'on condense sur de l'indigo la vapeur qu'on retire de l'acide fumant par la distillation. Dans ce cas, on obtient, suivant Dobereiner, un liquide d'un beau rouge poupre, qui, par le refroidissement, se prend en une masse d'un rouge cramoisi, fume à l'air et se dissout en totalité dans l'eau en lui donnant une couleur bleue très-intense. 6 parties d'acide fumant suffisent pour en dissoudre 1 d'indigo; il en faut moi-

tié en sus d'acide sulfurique ordinaire le plus concentré.

La dissolution contient une combinaison d'indigo soluble avec l'acide sulfurique, une autre de ce même indigo avec l'acide hypo-sulfurique, et enfin une troisième combinaison de l'indigo avec l'acide sulfurique dans un état particulier, qui sera désignée par le nom de *pourpre d'indigo.* L'indigo soluble a tellement le ton de couleur de l'indigo insoluble, et en a si bien conservé la propriété de se réduire et de s'oxider de nouveau, qu'il est naturel de penser qu'il a conservé la même nature, qu'il est seulement désagrégé, et que l'acide hypo-sulfurique s'est formé aux dépens d'une portion d'indigo qui a dû donner en même temps naissance à une autre substance. Les combinaisons de la matière colorante avec ces deux acides seront désignées par les noms d'*acide sulfurique bleu*, et d'acide *hypo-sulfurique bleu.* Leurs quantités relatives sont variables ; plus l'acide sulfurique est fumant, plus grand est le rapport de l'acide hypo-sulfurique bleu à l'acide sulfurique bleu. Un excès d'acide libre ne chasse point l'acide hypo-sulfurique de sa combinaison avec la matière colorante ; mais on obtient alors moins de pourpre d'indigo. L'acide sulfurique concentré donne plus de sulfate que l'acide fumant, et beaucoup plus de pourpre d'indigo : voici comment on a séparé ces divers composés les uns des autres.

On étend de 30 à 50 fois son volume d'eau la dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique, et on filtre ; ce qui reste sur le filtre est le pourpre d'indigo ; les eaux de lavage sont mises à part et traitées comme il

sera dit plus bas. On fait digérer la dissolution à une douce chaleur avec de la laine ou de la flanelle, préalablement lavée au savon et ensuite avec de l'eau contenant $\frac{1}{100}$ de carbonate de soude, et enfin à l'eau pure. On met alors la laine dans le liquide coloré, et on la voit se teindre peu à peu en bleu foncé, en se combinant avec les deux acides bleus. On la retire du liquide, et on la remplace par de nouvelle laine qu'on laisse en digestion jusqu'à ce que le liquide ne perde plus de sa couleur. Celui-ci retient l'acide sulfurique libre, avec un peu d'acide muriatique et de gluten provenant de l'indigo purifié par réduction.

On lave la laine colorée avec de l'eau pure jusqu'à ce qu'elle ne soit plus acide, et on la fait digérer avec de l'eau à laquelle on a ajouté un peu de carbonate d'ammoniaque. Les acides bleus abandonnent la laine pour se combiner avec l'ammoniaque, et le liquide se colore en beau bleu foncé. On décante et on lave la laine avec de l'eau distillée, tant qu'elle est colorée; mais si elle conservait une couleur bleue foncée, tandis que l'eau ne se colorerait qu'à peine, on ajouterait une nouvelle quantité de carbonate d'ammoniaque, et on laisserait digérer encore. A la fin, la laine ne retient plus qu'une très-petite quantité de bleu qu'on peut enlever, mais cela n'en vaut pas la peine, avec de l'ammoniaque concentrée. On évapore à sec le liquide coloré à une température de 60°, et on traite le résidu par de l'alcool de 0,833 de densité, qui dissout l'hypo-sulfate bleu d'ammoniaque et laisse le sulfate bleu de la même base.

On obtient l'*acide sulfurique bleu* en dissolvant le dernier sel dans l'eau et le précipitant par l'acétate de

plomb, d'où résulte un précipité de sulfate bleu d'indigo que l'on porte sur un filtre. Le liquide qui passe est encore ordinairement coloré par un peu de pourpre d'indigo qui reste en disssolution. Le sel de plomb, bien lavé, est délayé avec de l'eau et ensuite décomposé par le gaz hydrogène sulfuré; on obtient un liquide jaune ou presque sans couleur, qui contient l'acide sulfurique combiné avec l'indigo réduit, et qui devient bleu après la filtration par le contact de l'air. En l'évaporant à sec, au plus à 50°, il reste une masse d'un bleu noir, qui est l'acide *sulfurique bleu.* Cet acide attire l'humidité de l'air; il colore l'eau en beau bleu foncé et se dissout aussi dans l'alcool; sa saveur est acide et en même temps astringente.

On obtient l'acide hypo-sulfurique bleu en mêlant la dissolution alcoolique du sel ammoniacal avec une dissolution d'acétate de plomb dans l'alcool, et en traitant le précipité bleu comme le précédent. La dissolution alcoolique qui ne précipite plus avec l'acétate de plomb est encore bleue, et donne, si on ajoute de l'ammoniaque, un nouveau précipité basique que l'on décompose aussi par l'hydrogène sulfuré. On peut encore évaporer à siccité la dissolution alcoolique d'hypo-sulfate bleu d'ammoniaque, la dissoudre dans l'eau et la précipiter par le sous-acétate de plomb; mais, dans ce cas, on doit verser celui-ci goutte à goutte. Au commencement, la liqueur ne se trouble pas, et aussitôt que la couleur est précipitée, on cesse d'ajouter du sous-acétate, parce qu'elle passerait au vert, particulièrement si on ne s'était pas servi d'indigo bien purifié. L'acide bleu, évaporé, se dessèche sur les bords;

mais, dans le milieu, il reste mou et s'humecte un peu à l'air. Je laisse à décider si cela depend de deux degrés différens de saturation avec la matière colorante. L'acide hypo-sulfurique bleu se comporte à peu près comme l'acide sulfurique bleu. En préparant ces deux acides, on doit se garder de filtrer le mélange avant que tout l'hydrogène sulfuré soit dégagé, et que le liquide soit devenu bleu.

Les combinaisons des deux acides avec l'indigo soluble ont reçu le nom de *sulfate d'indigo*, et bien certainement la matière colorante sert de base à l'acide. Cependant elle s'éloigne des bases en ce que celles-ci ne la séparent pas de la combinaison, et qu'elle y reste comme si elle formait avec l'acide un acide particulier.

Les acides bleus, soumis à la distillation après avoir été desséchés, se décomposent. On obtient des deux de l'acide sulfureux, du sulfite d'ammoniaque, beaucoup d'eau et des traces d'huile fluide, reconnaissables seulement à l'odorat. Le sulfite devient bleu lorsqu'on le dissout dans l'eau, vraisemblablement par de l'indigo soluble entraîné mécaniquement, plutôt que sublimé.

Lorsque l'on met la dissolution de l'un de ces acides saturés de matière colorante avec de la limaille de zinc ou de fer, le métal se dissout aux dépens de l'oxigène de l'indigo, sans qu'il se dégage d'hydrogène, et on obtient une dissolution sans couleur ou jaunâtre, qui contient un sel de zinc ou de fer combiné avec l'indigo soluble, et qui devient bleue instantanément au contact de l'air.

Si l'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans les acides bleus, il n'en change pas la couleur en

plusieurs heures; mais en chauffant jusqu'à 50° environ, l'indigo est réduit et du soufre se dépose. Un excès d'acide libre s'oppose d'une manière remarquable à l'action de l'hydrogène sulfuré. Le proto-chlorure d'étain réduit aussi l'indigo en chauffant le mélange.

La combinaison que les acides bleus forment avec la laine a d'autant plus d'analogie avec celle des acides et des bases, que la laine est séparée de cette combinaison par les bases, sans qu'elle soit en état de séparer celles-ci des acides bleus. C'est pour cela que la laine plongée dans un acide bleu, saturé avec une base, ne se colore pas tant qu'on n'ajoute pas un acide, si faible qu'il soit, par exemple, le vinaigre. En faisant bouillir avec de l'eau ou de l'alcool la laine colorée, on lui enlève une portion des deux acides bleus.

Ces mêmes acides ont pour le charbon de bois bien brûlé, et encore mieux pour le charbon animal, une affinité semblable à celle qu'ils ont pour la laine. Si l'on met en digestion la solution de l'acide bleu dans l'acide sulfurique avec du charbon animal, elle se décolore entièrement et l'acide libre reste seul dans la liqueur. Le charbon peut être débarrassé de cet acide par des lavages à l'eau froide, et on peut en séparer alors les acides colorés au moyen d'un carbonate alcalin.

*Sulfates et Hypo-Sulfates bleus.* On peut préparer ces sels de plusieurs manières; mais la meilleure est de saturer immédiatement les acides avec les bases. On ne doit point les considérer comme des sels doubles. Le principe colorant ne sature aucune partie de l'acide, mais il joue dans le sel le même rôle que l'eau de cristallisation. On prouve facilement qu'il en est ainsi en fai-

sant bouillir le sulfate bleu de baryte avec de l'acide nitrique concentré ; le liquide filtré ne précipite pas le chlorure de barium. Je n'ai pas déterminé avec certitude si le principe colorant conserve le même rapport dans tous les acides bleus ; mais il est probable qu'il en est ainsi. A la vérité, si l'on précipite le sulfate bleu de potasse par l'acétate de plomb, on obtient souvent un liquide bleu, qui ne se décolore pas par une nouvelle addition d'acétate ; mais si l'on précipite l'excès d'oxide de plomb par l'hydrogène sulfuré, et qu'on évapore le liquide après la réoxidation, il devient d'un rouge pourpre; ce qui prouve que la couleur bleue était due à du pourpre d'indigo. La dissolution de ces sels est rouge par réfraction ; un peu d'un précipité la fait disparaître, ou bien une seule goutte d'une dissolution de cuivre. Un sel de zinc produit le même effet, mais il en faut une plus grande quantité. De l'acide libre rétablit la couleur. Par réflexion, l'apparence du liquide ne change pas.

Le principe colorant se réduit mieux dans les sels que dans les acides ; surtout lorsqu'ils sont avec excès de base. Il se sépare alors du sel et présente, étant réduit, à l'égard de la base en excès, un corps électro-négatif qui devient de nouveau bleu par l'oxidation. On voit bien la différence de la réduction entre un liquide neutre ou alcalin, lorsqu'on emploie le sulfate de protoxide de fer pour réduire l'indigo. On peut dissoudre ce sel dans un liquide bleu neutre et chauffer le mélange sans qu'il y ait réduction. On peut encore, sans l'opérer, précipiter une grande partie de l'oxide avec un alcali ; mais aussitôt que celui-ci est en excès,

la réduction se fait instantanément. Si l'on ajoute ensuite un acide libre qui dissolve le précipité, le liquide redevient bientôt bleu. La dissolution d'un sel d'indigo, mêlée avec du persulfure de potassium ou de calcium, précipite du soufre à l'instant, et une portion du sulfure se trouve changée en sulfate aux dépens du principe colorant. Avec un sulfure simple, il se forme un sulfate sans précipitation de soufre. En laissant à l'air un mélange de proto-chlorure d'étain et d'un sel bleu, il se précipite de l'oxide d'étain; la matière colorante est réduite, mais elle éprouve en même temps un changement, car elle ne devient plus que verte à l'air. La dissolution d'un sel de peroxide de fer ou de cuivre rétablit instantanément la couleur bleue, et le métal passe à l'état d'oxidule.

Les sels bleus ont une faible saveur salée, mais une très-forte due à l'indigo. Ils ont des propriétés différentes suivant l'acide qu'ils renferment, quoiqu'ils aient en général une grande ressemblance. Les sulfates bleus formés par des bases alcalines sont très-peu ou même ne sont pas du tout solubles dans l'alcool de 0,84; les hypo-sulfates bleus des mêmes bases s'y dissolvent au contraire. Les premiers sont précipités en grande partie de leur dissolution par la base d'un sulfate ordinaire ou même d'un autre sel; les seconds r le sont que d'une manière insignifiante. Evaporé les uns et les autres à siccité, ils laissent une m se non cristalline ayant un grand éclat de cuivre r esque métallique, semblable à celui de l'indigo nsoluble. La chaleur les décompose; la base du s reste à l'état de sulfure, et les autres produits s analogues à ceux

que donnent les matières animales ; mais l'huile fluide est très-peu abondante.

*Sulfate bleu de potasse.* On obtient ce sel en traitant la laine colorée en bleu avec du carbonate de potasse ; on évapore à siccité et on sépare l'hypo-sulfate du sulfate au moyen de l'alcool ; puis, si le carbonate de potasse avait été ajouté en excès, on traiterait le résidu par le vinaigre et l'alcool. En saturant l'acide sulfurique bleu pur avec le carbonate de potasse en léger excès, la combinaison se prend en gelée. C'est ce sel que l'on prépare en grand lorsqu'on dissout l'indigo du commerce dans dix fois son poids d'acide sulfurique concentré, qu'on étend, au bout de vingt-quatre heures, la dissolution de dix fois son volume d'eau, et qu'on la sature jusqu'à un certain point, après l'avoir filtrée, avec du carbonate de potasse. Il se fait un précipité bleu qui contient ce sel mêlé avec le sulfate de potasse formé en même temps. Le même précipité se forme encore en ajoutant au liquide acide tout autre sel de potasse (excepté le salpêtre qui détruirait la couleur) sans saturation partielle préalable. L'hypo-sulfate bleu de potasse reste en dissolution. On porte le précipité sur un filtre, on le laisse bien égoutter, et on le soumet ensuite à la pression. Crum prescrit de le débarrasser de son eau mère en le lavant avec de l'eau contenant sur 100 parties 4 d'acétate de potasse, et d'enlever ensuite l'acétate avec de l'alcool. Humide, il est volumineux ; mais par la dessication il se rassemble et prend l'éclat du cuivre. Il se dissout facilement dans l'eau bouillante et se précipite en partie par le refroidissement sous forme de flocons, lorsque l'eau en a

été saturée. L'eau froide en dissout $\frac{1}{140}$. Bergmann appelait ce sel *indigo précipité*, et le prenait pour la matière colorante de l'indigo ; en Allemagne, il est connu sous le nom d'*indigo-carmin* ; en France, sous celui beaucoup plus juste d'*indigo soluble* ; et Crum, qui le premier a montré qu'il était une combinaison d'un sel avec l'indigo à l'état soluble, et qu'au lieu de sulfate de potasse il pourrait contenir du sulfate de soude ou du sulfate d'ammoniaque, a donné le nom de *céruline* à la matière colorante, et aux sels celui de *céruléo-sulfates*.

*Les sulfates bleus de soude et d'ammoniaque* ressemblent au sulfate de potasse ; mais ils se précipitent moins complètement. Le sel ammoniacal est beaucoup plus soluble que celui de potasse ou de soude.

*Hypo-sulfates bleus de potasse, de soude et d'ammoniaque.* La meilleure manière de les préparer est de traiter la laine bleue par ces bases carbonatées en quantité aussi exacte que possible pour empêcher leur réaction sur la laine. On évapore et on sépare l'hypo-sulfate bleu par l'alcool aqueux.

*Sulfate bleu de baryte.* On l'obtient par double décomposition. Il se présente en flocons d'un bleu foncé, un peu solubles dans l'eau froide. Dans l'eau bouillante, il se dissout beaucoup plus abondamment, et se précipite, par le refroidissement, en grosses écailles d'un bleu foncé ; il n'est point décomposé par l'addition d'une petite quantité d'acide sulfurique. Le sulfate de baryte est de tous les sels celui dont l'affinité pour l'indigo est la plus grande ; il l'enlève aux hypo-sulfates, de sorte que si à l'un de ces sels on

ajoute de l'acide sulfurique, puis du chlorure de barium, on obtient du sulfate bleu de baryte qui se précipite, et l'indigo peut ainsi être précipité en entier, pourvu que le sulfate de baryte soit en excès. Ce dernier sel, récemment précipité, se colore dans la dissolution d'un sel bleu, avec laquelle on le met en digestion, mais seulement en bleu clair.

*L'hypo-sulfate bleu de baryte* s'obtient en ajoutant en excès à un hypo-sulfate bleu soluble une dissolution de chlorure de barium. L'hypo-sulfate bleu de baryte se précipite en flocons d'un bleu foncé que l'on recueille sur un filtre, et que l'on débarrasse de liquide par la pression. Ce sel se dissout facilement dans l'eau.

*Sulfate bleu de chaux.* On le prépare en saturant avec du marbre jusqu'à neutralité la dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique étendu de 40 à 50 fois son volume d'eau. On filtre et on lave la masse jusquà ce qu'elle paraisse rouge. Le liquide, rapproché, est mêlé avec de l'alcool, qui produit un précipité floconneux, rouge par transparence, qu'on recueille sur un filtre, et qu'on lave avec l'alcool. C'est le sulfate d'indigo; il est plus soluble que le gypse ordinaire. Si l'on ajoute à un mélange d'hypo-sulfate bleu et de chlorure de calcium, de l'acide sulfurique ou un sulfate, le gypse qui se précipite est sans couleur.

*L'hypo-sulfate bleu de chaux* s'obtient en évaporant la dissolution alcoolique de laquelle le sulfate bleu a été précipité. Ce sel est très-soluble dans l'eau. Sa dissolution alcoolique, mêlée avec une dissolution alcoolique d'acétate de plomb, donne un précipité qui est un hypo-sulfate bleu double de chaux et de plomb, du-

quel on peut séparer le plomb par l'hydrogène sulfuré.

Les deux sels bleus de magnésie et ceux d'alumine sont solubles dans l'eau. Si l'on mêle un sel bleu avec un sel alumineux, et qu'on ajoute un peu d'ammoniaque, il se précipite un sous-sel qui, s'il n'est pas mêlé avec un sous-sel blanc, est d'un bleu foncé, et après la dissolution d'un bleu noir.

*Le sulfate bleu de plomb* s'obtient facilement par double décomposition ; il est en flocons, d'un bleu foncé, un peu solubles dans l'eau. L'acide sulfurique ne précipite que du sulfate de plomb blanc, lorsqu'on le verse dans une dissolution de plomb mêlée avec un hypo-sulfate bleu.

*L'hypo-sulfate bleu de plomb* se prépare en mêlant la dissolution alcoolique d'hypo-sulfate bleu d'ammoniaque avec une dissolution semblable d'acétate de plomb. C'est une poudre bleue qui se dissout lentement, mais complètement dans l'eau, et même un peu dans l'alcool. On peut obtenir des sous-sels bleus en employant pour précipitant le sous-acétate au lieu de l'acétate.

La matière colorante, dans ces divers sels, n'est point combinée aux acides du soufre avec une si grande affinité qu'elle n'en puisse être séparée par d'autres sels. Lorsque, par exemple, à la dissolution d'un hypo-sulfate bleu on mêle du chlorure de barium, et qu'on ajoute ensuite du phosphate ou du carbonate de soude, le précipité de phosphate ou de carbonate de soude est coloré en bleu clair. En substituant le chlorure de calcium au chlorure de barium, le phosphate de soude donne un précipité de phosphate de chaux d'un beau bleu. Le carbonate de potasse précipite du carbonate de

chaux avec une couleur d'un bleu faible, mais qui ne change pas par les lavages. Les sels de magnésie peu solubles sont précipités sans couleur. La dissolution d'un hypo-sulfate bleu n'est point précipitée par l'acétate de plomb ou le tannin, mais si on les ajoute en même temps, il se précipite du tannate de plomb qui entraîne avec lui la plus grande partie de la couleur. Il est possible que ces résultats aient quelques applications dans les arts.

L'indigo soluble est aussi inconstant dans sa composition que les sucs végétaux colorés. Une longue exposition au soleil le détruit, et dans un état isolé, tel qu'on l'obtient du sulfate bleu de plomb, il devient vert par l'évaporation et change de nature. L'acide nitrique le jaunit promptement ; les alcalis caustiques changent sa couleur en jaune brun, avec ou sans le contact de l'air. L'ammoniaque produit ce changement plus lentement ; mais les carbonates alcalins sont sans action.

*Vert d'Indigo.* La matière colorante, qui est ici désignée par le nom de *vert d'indigo*, se prépare facilement avec l'indigo pur ou imparfaitement purifié, en ajoutant à la dissolution alcoolique d'un hypo-sulfate bleu de l'hydrate de chaux par petites portions, jusqu'à ce qu'elle soit devenue verte. On filtre, on lave le précipité vert avec un peu d'alcool, et on le décompose avec une dissolution aqueuse d'acide oxalique en léger excès, que l'on enlève ensuite avec un peu de marbre ; on filtre et on évapore à siccité. Il reste une matière solide, verte, qui se dissout facilement dans l'eau, et qui ne devient point jaune par la chaux et le sulfate de protoxide de fer ; à l'air, l'eau de chaux la jaunit ; l'acétate de plomb la précipite en vert ; mais le

perchlorure de mercure ou le tannin ne la troublent point.

*Jaune d'Indigo.* C'est le dernier produit de la décomposition de l'indigo par les alcalis. On l'obtient isolé en dissolvant l'hypo-sulfate bleu de chaux dans l'eau de chaux, et en évaporant jusqu'à ce que le liquide soit devenu jaune. On le décompose alors par l'acide oxalique, et on évapore, mais pas tout-à-fait jusqu'à siccité. L'alcool sépare du résidu une matière brune, molle, qui est une combinaison d'un sel calcaire avec une portion de matière colorante jaune. Je n'ai pas recherché si l'acide de ce sel est autre que l'acide hypo-sulfurique. La dissolution alcoolique donne par l'évaporation une matière jaune, dure et transparente, sans réaction acide ou alcaline, et qui se dissout aussi-bien dans l'eau que dans l'alcool avec une couleur d'un jaune pur. Elle retient un peu d'hypo-sulfate de chaux. Cette matière n'est précipitée qu'imparfaitement par l'acétate de plomb neutre ; mais elle l'est complètement par l'acétate basique. Le précipité est d'un jaune clair. Les sulfates de peroxide de fer et de cuivre, le perchlorure de mercure et la noix de galle ne portent aucun trouble dans sa dissoluion ; elle se combine au contraire très-bien avec les sels de chaux ; ainsi elle se précipite avec l'oxalate et le sulfate de chaux, mais l'acide sulfurique libre peut la séparer de ces sels. Soumise à la distillation, elle donne l'odeur des matières animales.

*Pourpre d'Indigo.* C'est une altération de l'indigo soluble qui a lieu constamment lorsqu'on traite l'indigo insoluble par l'acide sulfurique concentré, et

qu'après quelques heures on étend la dissolution d'environ quarante fois son volume d'eau ; on peut aussi se servir de l'acide sulfurique de Nordhausen, pourvu qu'on étende immédiatement la dissolution avec de l'eau. La matière pourpre paraît être un état intermédiaire que prend l'indigo insoluble avant de devenir soluble, et elle disparaît pour la plus grande partie, par l'action prolongée de l'acide ou par le secours de la chaleur. Elle est peu soluble, on pourrait même dire insoluble, dans le liquide acide étendu, et peut être recueillie sur le filtre ; mais elle se dissout peu à peu dans l'eau, et c'est pour cela qu'il convient de n'employer d'abord que de l'eau acide. L'eau de lavage contient, outre une portion de sulfate d'indigo, une combinaison d'acide sulfurique, et peut-être d'acide hypo-sulfurique avec la matière pourpre. Evaporée, elle laisse un résidu bleu, soluble dans l'eau pure, dont l'apparence est la même que celle du sulfate d'indigo. Si, après avoir dissous ce résidu dans l'eau, on ajoute un sel qui puisse se dissoudre dans le liquide, celui-ci se trouble et laisse déposer une matière floconneuse pourpre qu'on peut recueillir sur le filtre, et qu'on lave avec une dissolution du sel employé à la précipitation. Cette matière pourpre est une combinaison d'acide sulfurique, de pourpre d'indigo et de la base du sel employé ; quelle que soit la base, elle a la même apparence, mais non la même solubilité. Ainsi les sels de soude et d'ammoniaque ne précipitent la matière pourpre que lorsque le liquide en contient $\frac{2}{80}$ ; les sels de potasse précipitent à $\frac{1}{100}$ ; les sels de magnésie, de zinc et de cuivre à $\frac{1}{1000}$ ; le sulfate d'oxidule de fer

à $\frac{1}{3000}$, et l'alun et le chlorure de calcium jusqu'à $\frac{1}{8000}$. Lorsqu'on chauffe la combinaison avec un sel ammoniacal, il se développe un gaz rouge, et il se sublime de l'indigo qui ne ressemble cependant pas entièrement à l'indigo pur sublimé, et qui est peut-être le pourpre d'indigo dans un état isolé; car il a quelquefois sur les bords une couleur verte semblable à celle des ailes des cantharides, et lorsqu'on le polit, il devient brun et non cuivré. Les sels des bases fixes le retiennent, et il se dégage alors de l'acide sulfureux et du sulfite d'ammoniaque. Les sels de matière pourpre se dissolvent mieux dans l'alcool que dans l'eau, et la dissolution est aussi bleue. Si on arrose ceux qui sont un peu solubles avec de l'acide sulfurique concentré, et mieux avec de l'acide fumant, ils se dissolvent, et au bout d'un certain temps la matière pourpre est changée en indigo soluble. Lorsqu'on traite à chaud les sels solubles de matière pourpre par l'hydrogène sulfuré ou par le sulfate de fer et la chaux, elle se réduit comme l'indigo en un liquide jaune, et par l'oxidation reproduit un liquide bleu qui donne avec un sel précipitant la matière pourpre. La dissolution de cette matière teint la laine en bleu, et ne se décolore pas entièrement. Ce bleu est dû vraisemblablement à de l'indigo qui n'avait pas été séparé; l'addition d'un acide ne favorise pas la coloration.

Le gypse rouge qui reste après la saturation par la chaux de la dissolution bleue acide et après le lavage, doit sa couleur au gypse pourpré. On peut en séparer beaucoup de gypse incolore en traitant par un carbonate alcalin, lavant et dissolvant le carbonate de chaux

par l'acide muriatique. Le résidu est d'un pourpre foncé, et l'alcool bouillant en sépare le sel pourpré pur.

Lorsqu'on dissout l'indigo du commerce dans dix fois son poids d'acide sulfurique concentré, et qu'au bout de trois heures on étend d'eau la dissolution, il reste aussi une masse bleue sur le filtre, qui, dissoute dans l'eau, donne du pourpre avec les sels, mais d'une couleur beaucoup plus sombre et moins agréable.

Le pourpre d'indigo a été observé et décrit par Crum pour la première fois; il lui a donné le nom de *phénicine*.

(Extrait et abrégé des *Annalen der Physik*.)

---

## Sur *la Composition des Substances alimentaires simples, etc.*

Par M. William Prout.

Le procédé qui a été employé pour l'analyse des substances organiques est fondé sur l'emploi simultané de l'oxide de cuivre et du gaz oxigène. La substance mêlée avec de l'oxide de cuivre est introduite dans un tube qu'on met en communication par chacune de ses extrémités avec un siphon renversé contenant de l'oxigène, et servant de gazomètre. On fait passer l'oxigène d'un siphon à l'autre en versant du mercure dans la branche libre d'un des siphons, et en faisant écouler le mercure de l'autre siphon au moyen d'un robinet

placé vers sa courbure. La quantité d'oxigène introduite dans l'appareil est mesurée avant l'expérience, au moyen des gazomètres qui sont gradués, et le changement de volume que l'oxigène a éprouvé après l'expérience fait connaître la quantité d'hydrogène contenue dans la substance soumise à l'analyse.

L'appareil est chauffé par une rangée de petites lampes à esprit-de-vin, et après l'action de l'oxide de cuivre on fait circuler l'oxigène afin de réoxider complètement le cuivre et de brûler toute partie de la substance qui aurait pu échapper à la combustion.

Par ce procédé, on évite les inconvéniens reprochés à l'oxide de cuivre de condenser l'air et l'humidité, et on obtient l'hydrogène plus exactement que par les procédés suivis jusqu'à présent.

*Sucre de canne.* Le sucre le plus parfait que je connaisse est le sucre candi préparé avec le sucre de canne. Ce sucre, purifié par des cristallisations répétées à l'eau et à l'alcool et privé d'eau hygrométrique par une exposition de quelques heures à une température de 100°, a été trouvé composé de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 42.85; |
| Eau......... | 57.15. |

Tous les échantillons, les plus beaux et les plus purs de sucre en pain du commerce que j'aie examinés, donnent, lorsqu'on les traite de la même manière, exactement les mêmes résultats. On doit par conséquent les considérer comme identiques dans leur composition avec le sucre candi. Le sucre de canne paraît n'éprouver aucun changement à la température de l'eau

bouillante ; mais à celle d'environ 150° il commence à fondre et prend la forme d'un liquide brun foncé. Dans une expérience, après une exposition de sept heures à cette température, il n'a perdu que 0,6 pour 100 de son poids ; mais ses propriétés paraissent avoir été altérées d'une manière permanente. Cependant Berzelius a montré que, en le combinant avec du plomb, le sucre perd environ 5,3 pour 100 d'eau. J'ai formé souvent le saccharate de plomb, et une fois, par accident, je l'ai obtenu en beaux cristaux.

*Sucre de miel.* Le sucre que j'ai examiné avait été obtenu du miel de Narbonne. Dépouillé de son eau hygrométrique en le tenant sous un récipient avec l'acide sulfurique pendant plusieurs jours, il a été trouvé composé :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 36,36 ; |
| Eau......... | 63,63. |

Ce sucre, dans l'état ordinaire de l'atmosphère, contient communément plus d'eau que n'en indique cette analyse, environ 64 pour 100. D'un autre côté, à une température beaucoup au-dessous de celle de l'eau bouillante, il perd rapidement environ 3 pour 100 d'eau et commence à devenir fluide. Tenu à la température de l'eau bouillante pendant trente heures, il a perdu, dans une expérience, plus de 10 pour 100 d'eau de son poids primitif, a pris une couleur brune foncée et a paru être décomposé partiellement.

Le sucre d'amidon appartient évidemment à cette variété, ainsi que celui de diabète, et probablement aussi le sucre de raisin, de figue, etc. Toutes ces va-

riétés de sucre, lorsqu'elles sont pures, sont d'un beau blanc, cristallisent en sphérules et sont permanentes dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère.

| | Sucre d'amidon. | Sucre de diabète. |
|---|---|---|
| Carbone.... | 36,2 | 36 à 40? |
| Eau....... | 63,8 | 64 60. |

*Amidon du Blé.* Cette substance a été analysée par différens chimistes avec des résultats très-différens. MM. Gay-Lussac et Thenard y ont trouvé jusqu'à 43,55 pour 100 de carbone, tandis que le docteur Ure n'en a obtenu que 38,55. Les observations suivantes expliqueront suffisamment cette différence.

Un très-bel échantillon d'amidon qui avait été préparé expressément à ma prière, sans l'addition de la matière colorante qu'on laisse ordinairement dans l'amidon du commerce, et qui avait été gardé dans un lieu sec pendant plusieurs mois, a donné, abstraction faite des matières étrangères :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 37,5 ; |
| Eau......... | 62,5. |

100 parties du même échantillon, en poudre fine, soumises à une température de 95 à 100° pendant vingt heures, ont perdu, dans la moyenne de deux expériences, 12,5 parties, et ont donné à l'analyse :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 42,8 ; |
| Eau......... | 57,2. |

Cependant l'amidon, dans cet état, retient encore de l'eau qu'on peut en séparer en partie en le soumettant à une température plus élevée.

Ainsi, après avoir été exposé comme ci-dessus, pendant vingt-quatre heures, à la température de 100°, il a été soumis six heures à une température de 150° à 180°, et il a perdu 2,3 pour 100 de plus. Analysé dans cet état, il a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 44 ; |
| Eau......... | 56. |

Il avait alors acquis une légère couleur jaune et paraissait avoir éprouvé quelques changemens dans ses propriétés. La dernière quantité d'eau trouvée est par conséquent à peu près la plus grande que l'amidon puisse perdre sans décomposition.

*Arrow root* (racine du *maranta indica*). C'est une autre variété de la matière amylacée dont, comme pour le sucre, il paraît y avoir un grand nombre d'espèces. Après avoir été desséché vingt heures à une température de 92° à 100°, il a donné à l'analyse, abstraction de matières étrangères :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 42,8 ; |
| Eau......... | 57,2. |

Mais après avoir été soumis six heures de plus à la température de 100°, il a encore perdu 3,2 pour 100, et était alors réduit à un état semblable à celui de l'amidon desséché entre 150° et 180°. Il a donné à très-peu près :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 44,4 ; |
| Eau......... | 55,6. |

Une nouvelle exposition de six heures à la chaleur de 150° à 180° lui a fait perdre 1,38 pour 100 de plus ;

mais il est devenu d'une couleur jaune plus foncée que celle de l'amidon desséché à la même température, et présentait de plus grandes marques de décomposition. Ainsi cette matière amylacée, de même que le sucre de miel sus-mentionné, paraît abandonner toute l'eau qui n'est pas essentielle à sa composition, à la température de 100°, et même peut-être au-dessous, si elle y restait exposée assez long-temps.

*Ligneux.* MM. Thenard et Gay-Lussac ont montré les premiers que ce principe végétal contient l'oxigène et l'hydrogène dans les proportions nécessaires pour former de l'eau, et ce résultat est pleinement confirmé par mes expériences. Les bois que j'ai analysés sont le saule et le buis. Après les avoir réduits en poudre très-fine, on les a fait bouillir avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle ne leur ait plus rien enlevé, ensuite avec de l'alcool et enfin de nouveau avec l'eau. Après ces diverses lotions, la matière ligneuse a été exposée à l'air jusqu'à ce qu'elle n'ait plus diminué de poids, et c'est alors que l'analyse en a été faite.

| | Buis. | Saule. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 42,7 | 42,6; |
| Eau......... | 57,3 | 57,4. |

Desséchés pendant vingt-quatre heures à une température de 100°, et pendant six heures de plus à une température de 150° à 165°, ces bois ont perdu pour cent, le buis 14,6 et le saule 14,4. Analysés dans cet état, ils ont donné :

| | Buis. | Saule. |
|---|---|---|
| Carbone..... | 50,0 | 49,8; |
| Eau......... | 50,0 | 50,2; |

résultats qui coïncident presque avec ceux obtenus par MM. Gay-Lussac et Thenard pour le chêne et le hêtre. On peut par conséquent admettre que toutes les espèces de bois sont composées de parties égales de carbone et d'eau.

Le ligneux existe incontestablement sous d'autres formes que la fibre végétale, et en effet il paraît constituer le squelette sur lequel la plupart des procédés de la végétation s'exécutent. Pour montrer ses propriétés alimentaires, les seules que nous ayons à considérer ici, je citerai brièvement les expériences du professeur Autenrieth de Tubingen, qui a fait voir, il y a quelques années, que, par un traitement convenable, cette matière pouvait être amenée à un état propre à former du pain. Voici la méthode qui a été suivie pour cela : on a d'abord enlevé tout ce qui était soluble dans l'eau par de fréquentes macérations et l'ébullition. Le bois a été alors réduit dans un grand état de division, c'est-à-dire, non pas seulement en fibres déliées, mais en véritable poudre, et après l'avoir soumis plusieurs fois à la chaleur d'un four, on l'a moulu de la même manière que le blé. Ainsi préparé, il acquiert, suivant l'auteur, l'odeur et la saveur de la farine de blé. Il n'est cependant jamais entièrement blanc, mais il a une couleur jaunâtre. Il ressemble aussi à la farine en ce qu'il ne fermente pas sans levain, et celui qui convient le mieux est le levain aigri de farine de blé. Il donne alors un pain parfaitement homogène et spongieux, qui, lorsqu'il est bien cuit et a beaucoup de croûte, a un bien meilleur goût de pain que celui que l'on prépare, dans les temps de disette, avec le son du

grain. La farine de bois, bouillie dans l'eau, forme aussi une gelée épaisse tremblante, comme celle de l'amidon, et qui est très-nutritive.

*Acide acétique ou Vinaigre.* Cette substance paraît avoir été employée plus ou moins comme aliment, soit par accident ou à dessein, dans tous les temps et dans tous les lieux. Différens chimistes en ont publié des analyses; mais il est singulier que quoique plusieurs aient donné sa véritable composition, aucun n'ait été frappé de la particularité la plus remarquable de sa composition, savoir; que l'oxigène et l'hydrogène y existent dans les proportions nécessaires pour former de l'eau (1). Quelques expériences, que j'ai faites il y a plusieurs années, me paraissaient rendre cette opinion très-probable; mais ce n'est qu'en brûlant plusieurs fois un fragment d'acétate de cuivre dans mon appareil, que j'ai reconnu que le volume du gaz oxigène ne changeait pas, et que je suis resté entièrement convaincu de la réalité de cette même opinion.

L'acide acétique, contenant l'eau nécessaire à sa composition, m'a donné:

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 47,05; |
| Eau......... | 52,95; |

résultats qui coïncident presque exactement avec ceux des autres chimistes.

*Sucre de Lait.* Après l'avoir purifié par des cristal-

(1) L'auteur aurait pu excepter de ce nombre M. Gay-Lussac. (Voyez *Annales de Chimie*, t. XCI, p. 148.)

lisations répétées, je lui ai trouvé la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 40 ; |
| Eau......... | 60 ; |

résultat presque exactement le même que celui donné par Berzelius.

*Sucre de Manne.* Cette substance, purifiée par les moyens connus, m'a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 38,7 ; |
| Eau......... | 61,3 ; |

résultats très-différens de ceux de Théodore Saussure. Le sucre de manne paraît n'abandonner son eau hygrométrique qu'à la température de 100° ; mais quelques degrés au-dessus il commence à se décomposer, et à 120 il prend, sans fondre, la forme d'une poudre brune, et exhale une forte odeur empyreumatique.

*Gomme arabique.* Analysée dans les circonstances ordinaires où elle se trouve, elle a donné, abstraction des matières étrangères :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 36,3 ; |
| Eau......... | 63,7. |

100 parties de la même gomme, exposées pendant vingt heures à une température de 95 à 100°, ont perdu 12,4 pour cent. Sa composition, corrigée d'après ce résultat, serait :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 41,4 ; |
| Eau......... | 58,6. |

L'analyse a confirmé presque exactement ce résultat.

La même gomme, exposée six heures de plus à une température de 150 à 180°, a pris une couleur brune foncée, et a paru avoir éprouvé une décomposition, quoiqu'elle n'ait perdu que 2,6 pour cent de plus. Il est probable, d'après cela, que la gomme abandonne toute l'eau qui n'est pas essentielle à sa composition à la température de 100°, pourvu qu'elle y soit exposée un temps suffisant.

---

## *Acides végétaux.*

*Acide oxalique.* J'avais constaté, il y a plusieurs années, que cet acide, cristallisé, est composé de :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 19,04 ; |
| Eau......... | 42,85 ; |
| Oxigène..... | 38,11 ; |

composition assignée depuis long-temps à cet acide par d'autres chimistes, et qui, je crois, est admise généralement, excepté par le Dr Thomson, qui nous apprend qu'il a rencontré un échantillon d'acide oxalique contenant la moitié de son poids d'eau. J'ai examiné une grande variété d'échantillons de cet acide, dans l'intention de vérifier ce résultat; mais jusqu'à présent je n'ai eu aucun succès.

*Acide citrique.* Cet acide et les suivans, excepté l'acide malique, ont été analysés à la même époque que l'acide oxalique, et j'ai vérifié récemment les résultats que j'avais obtenus. Je trouve l'acide citrique cristallisé composé de :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 34,28 ; |
| Eau......... | 42,85 ; |
| Oxigène..... | 22,87. |

Plusieurs chimistes ont approché de très-près de cette composition, mais aucun, que je sache, ne l'avait donnée exactement.

*Acide tartrique.* En cristaux, il est composé de :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 32,0 ; |
| Eau......... | 36,0 ; |
| Oxigène..... | 32,0 ; |

composition semblable à celle qui lui a été assignée par le Dr Thomson dans son ouvrage sur les proportions.

*Acide malique.* Il n'a pas été analysé seul, mais en combinaison avec le plomb, la chaux et le cuivre. En faisant abstraction de l'eau qui n'est pas essentielle à sa composition, il a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 40,68 ; |
| Eau......... | 45,76 ; |
| Oxigène..... | 13,56. |

Cet acide, sous plusieurs points de vue, peut être considéré comme un des plus importans de tous les acides végétaux.

*Acide mucique.* La composition inattendue de cet acide m'a déterminé à rechercher ses propriétés plus complètement que je ne l'eusse fait sans cela. Celui que j'ai d'abord employé avait été préparé avec le sucre de lait et était passablement pur, quoique peut-être pas

complètement. En dernier lieu, j'ai donné la préférence à celui préparé avec la gomme, qui, quoique excessivement impur au moment où on l'obtient, peut être purifié aisément et complètement par le procédé suivant.

Ajoutez de l'ammoniaque en léger excès à l'acide impur, et ensuite assez d'eau bouillante pour dissoudre le sel. Filtrez la solution encore bouillante, et évaporez-la doucement presqu'à sec. Le mucate d'ammoniaque se séparera en cristaux, qui seront lavés avec de l'eau froide jusqu'à ce qu'ils soient blancs et purs. On doit alors les dissoudre dans le moins d'eau bouillante possible, et filtrer la dissolution dans de l'acide nitrique étendu. Ce dernier décompose le mucate et précipite l'acide mucique dans un état parfait de pureté. L'acide ainsi obtenu m'a donné :

| | |
|---|---|
| Carbone..... | 33,33; |
| Eau......... | 44,44; |
| Oxigène..... | 22,22; |

résultat différant un peu de ceux des autres chimistes, qui probablement n'ont pas pris la peine d'obtenir cet acide parfaitement pur.

Il ne sera point inutile de remarquer ici deux ou trois circonstances résultant des analyses précédentes dont l'importance sera mieux appréciée par la suite.

D'abord, l'identité de composition du sucre de miel et de l'arrow root, dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère, semblent montrer que les différences parmi les variétés de la matière amylacée sont exactement analogues à celles qui existent parmi les sucres.

En second lieu, l'identité de composition de l'amidon du blé et du sucre de canne, et celle du sucre de miel et de l'arrow root, semblent montrer que quoique les corps en partie organisés (*merorganized*, de μερος *pars*, *partim*) ne soient pas actuellement capables de prendre une forme cristalline; cependant la tendance originelle de leurs élémens essentiels à se combiner dans de certaines proportions (et peut-être à prendre certaines formes) continue encore à agir, quoique à un plus faible degré, et à faire effort pour maintenir certains modes définis d'existence.

En dernier lieu enfin, les corps cristallisés perdent leur eau de cristallisation avec difficulté, et lorsqu'ils le font, c'est ordinairement par sauts ou en quantités définies. Les corps *merorganisés*, au contraire, retiennent l'eau si faiblement à tous les degrés, que, dans de certaines limites, ce liquide peut en être séparé promptement ou se combiner avec eux en toute proportion, et cela paraît vrai, non-seulement pour l'eau, mais encore pour toute autre substance capable de se combiner avec les corps merorganisés.

Je m'abstiens pour le moment de plus amples observations. Je remarque, pour ceux qui voudraient répéter mes expériences, que les multiples de l'hydrogène, du carbone et de l'oxigène sont pris dans les calculs précédens comme 1:6:8, et que les résultats que j'ai donnés sont la moyenne de plusieurs expériences dont les différences ont varié au plus de 0,01 à 0,03 de pouce sur 5 à 8 pouces cubes de gaz carbonique ou d'oxigène.

Extrait et abrégé des *Trans. phil.* de 1827.

## Analyse *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi 12 novembre 1827.*

M. Marcel de Serres adresse de Montpellier l'essai d'une carte géognostique du département de l'Hérault.

M. de Freycinet donne lecture d'une lettre de M. Gaymard, datée de la Nouvelle-Zélande, et qui renferme plusieurs détails relatifs au voyage de l'Astrolabe.

M. Girard lit un Mémoire sur quelques étalons de l'ancienne coudée égyptienne récemment découverts.

M. Boyer rend un compte favorable des Mémoires présentés par M. Faure concernant l'iris et les pupilles artificielles.

M. Barry, médecin de Limoges, avait adressé un Mémoire concernant deux cas de luxation des vertèbres cervicales avec compression de la moelle épinière, que ce médecin prétend avoir réduites; les commissaires nommés par l'Académie n'ont pas cru pouvoir proposer d'approuver ce travail.

M. Coquebert rend un compte verbal des nouvelles *Annales de Sciences naturelles*, publiées à la Havane par M. Ramon de la Sagra.

M. Delpech lit une Note sur ses travaux relatifs à la Rhinoplastique.

### *Séance du lundi 19 novembre.*

Le Président du Conseil des Ministres fait connaître à l'Académie que, d'après ses ordres, il sera exécuté un

buste en marbre de M. Laplace pour la Bibliothèque de l'Institut.

M. Jomard présente les gravures de quatre mesures de coudée égyptienne.

M. Dupetit-Thouars fait un rapport verbal sur l'ouvrage intitulé : *Disposition méthodique des Mousses*; par M. Walker Arnott.

M. Bouillaud lit des Recherches expérimentales sur les fonctions de la portion postérieure du cerveau.

M. Willermé lit la suite de son Mémoire sur la Distribution des conceptions et des naissances, dans ses rapports avec les saisons.

M. Sérullas lit des Expériences sur l'Iodure d'antimoine, et dépose sur le bureau des Observations relatives au bromure de bismuth.

*Séance du lundi* 26 *novembre.*

Le Ministre de l'Intérieur adresse une Notice de M. D'Hombres-Firmas sur les Ossemens fossiles qu'on trouve dans les environs d'Alais.

M. Jaume Saint-Hilaire dépose le manuscrit d'un nouvel ouvrage qu'il se propose de publier sous le titre de *Flore* et de *Pommone françaises*

M. Damoiseau, au nom d'une Commission, rend un compte peu favorable des tableaux chronologiques de l'abbé Lachèvre.

M. Le Gendre annonce, dans une communication verbale, les ingénieux travaux que M. Jacobi de Konigsberg vient de faire : ce géomètre a beaucoup perfectionné l'importante théorie des fonctions elliptiques.

M. Dupin, au nom d'une Commission, lit la première partie du rapport qu'elle a fait sur l'Essai de M. Brisson concernant un système général de navigation de la France.

M. Cagniart de Latour donne lecture de nouvelles Recherches expérimentales et théoriques sur les propriétés du son.

*Séance du lundi 3 décembre.*

MM. Gauthier de Claubry et Person demandent qu'une Note cachetée qu'ils avaient déposée, soit remise aux commissaires qui sont chargés de rendre compte du Mémoire de MM. Robiquet et Collin sur la Garance.

M. Malbouche annonce qu'il a pratiqué avec succès la méthode inventée à New-York, par M$^{me}$ Leigh, contre le bégaiement. Sur sa demande, deux commissaires nommés par l'Académie assisteront aux expériences.

D'après le désir de l'Académie des Inscriptions, deux membres de l'Académie des Sciences se joindront à la Commission que la première a nommée, pour procéder à l'examen des coudées égyptiennes récemment découvertes.

M. Duméril, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un Mémoire de M. Chabrier, concernant les mouvemens progressifs de l'homme et des animaux.

M. Gay-Lussac fait un rapport verbal sur une brochure de M. Burridge, intitulée : *Perfectionnement de l'architecture civile.*

M. Biot lit un Mémoire sur la Figure de la Terre.

*Séance du lundi 10 décembre.*

On reçoit l'Ordonnance du Roi par laquelle la nomination de M. Savart est approuvée.

M. Anatasi adresse un nouveau projet d'établissement de remorque.

M. l'abbé Lachèvre réclame contre une partie du rapport que M. Damoiseau a fait sur ses tableaux chronologiques.

M. Chevreul, au nom d'une Commission, fait un rapport très-favorable sur le Mémoire de MM. Dumas et Boullay fils, que nous avons déjà imprimé, concernant la formation de l'éther sulfurique.

MM. Duméril et Dupuytren rendent compte des essais intéressans que le D[r] Senn de Genève a faits pour le traitement des maladies du larynx.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire sur une petite espèce de crocodile vivant dans le Nil, sur son organisation, ses habitudes et les motifs qui l'ont fait adopter dans l'antiquité et honorer sous le titre de *crocodile sacré*.

M. Cauchy lit un Mémoire sur le Développement des fonctions en fractions rationnelles.

Il est donné lecture des Observations de M. Giroux de Buzareingue sur la reproduction des oiseaux domestiques.

*Séance du lundi 17 décembre.*

M. Cassini, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable sur le Mémoire présenté par M. Adolphe

Brongniart, concernant les Granules spermatiques des végétaux.

M. Chevreul rend compte de plusieurs Notes de M. Sérullas relatives aux Bromures d'arsenic, d'antimoine, de bismuth.

M. Girard donne une analyse verbale de plusieurs ouvrages publiés en Amérique à l'occasion de l'ouverture du canal de Hudson.

M. Cauchy lit un Mémoire intitulé : *Usage du calcul des résidus pour la transformation ou la sommation des séries.*

M. Bonnard lit un Mémoire sur le Gîte de Manganèse de Romanèche.

M. Féburier lit un Mémoire intitulé : *Notice sur la Lune rousse, et sur quelques effets de sa lumière et de celle des autres astres sur les végétaux.*

### *Séance du lundi 24 décembre.*

MM. Raspail et Saigey adressent une Note relative au collage du papier à la cuve ; M. Buran transmet diverses observations concernant le Mémoire présenté par M. Payen sur un nouveau Borate de soude; M. Cagniart-Latour envoie un Mémoire relatif à l'Élasticité et au changement de volume qu'éprouvent les cordes métalliques quand on les tend.

M. Chevallier adresse un paquet cacheté relatif à l'extraction de l'indigo.

M. Tilloy, de Dijon, remet un travail qu'il a fait sur les groseilles.

M. Duméril lit une lettre de M. Bretonneau sur les

propriétés vésicantes de quelques insectes de la famille des cantharides.

M, Moreau de Jonnès communique une Note relative à l'emploi qu'on vient de faire à Céphalonie, du traitement mercuriel interne ou externe, pour prévenir dès ses premiers symptômes l'invasion de la peste.

M. de Blainville, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le Mémoire de M. Jacobson, intitulé : *Observations sur le prétendu développement des œufs des moulettes et des anodontes dans leurs branchies.*

La Section de Minéralogie et de Géologie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour les deux places de correspondans vacantes dans son sein :

Géologues : MM. Conybeare, à Londres; Buckland, à Oxford; Macculoch, à Londres; Freisleben, à Freyberg; Charpentier, à Bex :

Minéralogistes : MM. Mitscherlich, à Berlin; Gustave Rose, à Berlin; Haidinguer, à Edimburgh.

---

## Note *sur l'Extension des Fils et des Plaques élastiques.*

Par M. Poisson.

Soit $a$ la longueur d'un fil élastique qui ait partout la même épaisseur; soit $b$ l'aire de la section normale à sa longueur, et par conséquent $ab$ son volume. Supposons qu'on lui fasse subir une petite extension, de sorte que sa longueur devienne $a(1+\alpha)$, $\alpha$ étant une très-petite fraction; en même temps le fil s'amincira; et si nous désignons par $b(1-\delta)$ ce que deviendra l'aire

de la section normale, $\beta$ étant aussi une très-petite fraction, son nouveau volume sera à très-peu près $ab\,(1+\alpha-\beta)$. Or, d'après la théorie des corps élastiques que j'exposerai dans un prochain Mémoire, on doit avoir :

$$\beta = \frac{1}{2}\alpha\,;$$

d'où il résulte que par l'extension $\alpha$ d'un fil élastique, son volume se trouve augmenté, suivant le rapport de $1+\frac{1}{2}\alpha$ à l'unité, et sa densité diminuée suivant le rapport inverse.

Ce résultat s'accorde parfaitement avec une expérience que M. Cagniard-Latour a communiquée récemment à l'Académie, et dont voici la description.

L'auteur a pris un fil de laiton qu'il a plongé verticalement dans un tube rempli d'eau ; la partie du fil ainsi plongée avait $2^{m},03$ de longueur ; son extrémité inférieure touchait le fond du tube : il a soulevé le fil sans l'étendre, de sorte que cette extrémité se trouvait à $6^{mm}$ au-dessus du fond, et il a observé que l'eau s'abaissait dans le tube de $5^{mm}$. Il a ensuite attaché l'extrémité du fil au fond du vase, puis il l'a allongé de $6^{mm}$ en le tirant suivant sa longueur ; son épaisseur a diminué, et l'eau s'est abaissée dans le tube de $2^{mm},5$, ou de moitié du premier abaissement ; d'où l'auteur a conclu que par l'effet de cet allongement le volume du fil a augmenté.

Pour en connaître la quantité et la comparer à celle qui doit avoir lieu d'après la théorie, je reprends les notations précédentes ; de plus, j'appelle $h$ la hauteur de l'extrémité du fil au-dessus du fond du tube après

qu'on l'a soulevée, et $c$ la quantité d'eau qui s'est abaissée au-dessous de son niveau primitif, laquelle quantité doit remplacer le volume $bh$ du fil compris entre l'extrémité soulevée et le fond du vase. On aura par conséquent :

$$bh = c.$$

L'allongement du fil étant désignée par $a\alpha$ comme plus haut, et son augmentation de longueur étant la même que l'élévation $h$, on aura aussi :

$$a\alpha = h.$$

Le volume de la partie plongée dans l'eau après cet allongment sera $ab\,(1 - 6)$, en désignant toujours par $b\,(1 - 6)$ ce qu'est devenue la section normale à la longueur, et négligeant, relativement à celle-ci, la différence de niveau de l'eau, c'est-à-dire $2^{mm},5$, par rapport à $2^{m},03$, dans l'expérience de M. Cagniard. Le volume de la partie plongée, qui était primitivement égal à $ab$, aura donc diminué de $ab6$; et cette différence de volume ayant été remplacée par la quantité d'eau abaissée après l'allongement, si l'on désigne cette quantité d'eau par $c'$, on aura :

$$ab6 = c'.$$

J'élimine $a$ et $b$ entre ces trois dernières équations; il vient :

$$6 = \frac{c'}{c}\,\alpha;$$

et comme M. Cagniard a trouvé $c'$ moitié de $c$, on aura $6 = \frac{1}{2}\alpha$, ce qui coïncide exactement avec le résultat de la théorie.

Soit $b$ l'aire d'une plaque ou d'une membrane dont l'épaisseur est constante, et $a$ cette épaisseur. Supposons qu'on étende sa surface également en tous sens,

et qu'elle devienne $b(1+\beta)$, $\beta$ étant une très-petite fraction. L'épaisseur diminuera en même temps. Nous désignerons par $a(1-\alpha)$ ce qu'elle deviendra, $\alpha$ étant aussi une fraction très-petite, et le volume, qui était $ab$, se changera à très-peu près en $ab(1+\beta-\alpha)$. Or, d'après la théorie citée plus haut, on aura :

$$\alpha = \tfrac{1}{3}\beta;$$

par conséquent le volume augmentera dans le rapport de $1+\frac{2}{3}\beta$ à l'unité. Mais ce résultat serait moins facile à vérifier que le précédent par l'expérience.

---

## RÉSUMÉ *des Observations météorologiques faites à l'Observatoire royal de Paris en* 1827.

TABLEAU *de la marche moyenne du thermomètre centigrade et de l'hygromètre de* Saussure.

| Noms des mois. | Températures moyennes. | Température moyenne de 9 heures du matin. | Température moyenne des caves. | Hygromètre à 3 heures après midi. |
|---|---|---|---|---|
| Janvier. | — 0°,2 | — 0°,7 | 12°,172 | 83° |
| Février. | — 0,9 | — 1,7 | 12,175 | .. |
| Mars. | + 8,0 | + 8,2 | 12,175 | .. |
| Avril. | + 11,4 | + 12,3 | 12,176 | .. |
| Mai. | + 14,6 | + 15,6 | 12,176 | .. |
| Juin. | + 17,0 | + 18,2 | 12,176 | .. |
| Juillet. | + 19,8 | + 21,5 | 12,166 | .. |
| Août. | + 18,0 | + 19,6 | 12,171 | 64 |
| Septemb. | + 16,2 | + 16,6 | 12,181 | 68 |
| Octobre. | + 13,1 | + 12,8 | 12,182 | 73 |
| Novemb. | + 5,8 | + 5,1 | 12,184 | 82 |
| Décemb. | + 6,9 | + 6,3 | 12,187 | 86 |
| Moyenn. | + 10,8 | + 11,3 | 12,177 | .. |

Tableau *des* maxima *et des* minima *moyens du thermomètre centigrade, en* 1827.

| NOMS DES MOIS. | MAXIMA. | MINIMA. | DIFFÉRENCES. |
|---|---|---|---|
| Janvier. | + 2°,1 | — 2°,4 | 4°,5 |
| Février. | + 1,8 | — 3,7 | 5,5 |
| Mars. | + 11,2 | + 4,8 | 6,4 |
| Avril. | + 16,0 | + 6,8 | 9,2 |
| Mai. | + 18,6 | + 10,6 | 8,0 |
| Juin. | + 21,7 | + 12,3 | 9,4 |
| Juillet. | + 24,9 | + 14,7 | 10,2 |
| Août. | + 22,2 | + 13,7 | 8,5 |
| Septembre. | + 20,5 | + 11,9 | 8,6 |
| Octobre. | + 16,6 | + 9,6 | 7,0 |
| Novembre. | + 8,2 | + 3,4 | 4,8 |
| Décembre. | + 8,8 | + 5,0 | 3,8 |

Tableau *des variations extrêmes du thermomètre centigrade situé à l'ombre et au nord, pendant chaque mois de l'année* 1827.

| NOMS DES MOIS. | MAXIMA. | MINIMA. | DIFFÉRENC. |
|---|---|---|---|
| Janvier. | + 9°,5, le 14 | — 11°,2, le 23 | 20°,7 |
| Février. | + 11,5, le 28 | — 12,8, le 18 | 24,3 |
| Mars. | + 17,0, le 28 | — 1,2, le 20 | 18,2 |
| Avril. | + 23,3, le 30 | + 2,0, le 23 | 21,3 |
| Mai. | + 25,3, le 30 | + 6,5, le 25 | 18,8 |
| Juin. | + 28,3, le 14 | + 8,0, le 8 | 20,3 |
| Juillet. | + 30,5, le 29 | + 11,7, le 7 | 18,8 |
| Août. | + 33,0, le 2 | + 6,8, le 30 | 26,2 |
| Septembre. | + 28,7, le 11 | + 7,2, le 21 | 21,5 |
| Octobre. | + 21,9, le 2 | + 3,8, le 30 | 18,1 |
| Novembre. | + 13,7, le 11 | — 4,2, le 15 | 17,9 |
| Décembre. | + 13,5, le 22 | — 1,2, le 31 | 14,7 |

TABLEAU *des plus grandes variations que le thermomètre centigrade ait éprouvées dans les différens jours de l'année* 1827.

| NOMS DES MOIS. | | PLUS GRANDES VARIATIONS. |
|---|---|---|
| Janvier, | le 30. | 7°,4 |
| Février, | le 18. | 9,8 |
| Mars, | le 28. | 13,7 |
| Avril, | le 20. | 14,0 |
| Mai, | le 29. | 13,5 |
| Juin, | le 27. | 14,4 |
| Juillet, | le 29. | 14,5 |
| Août, | le 2. | 17,2 |
| Septembre, | le 9. | 15,0 |
| Octobre, | le 7. | 12,3 |
| Novembre, | le 19. | 9,0 |
| Décembre, | le 13. | 5,5. |

TABLEAU *de la marche moyenne du baromètre en* 1827.

( Toutes les hauteurs sont réduites à 0° de température. )

| Mois. | 9 heur. du matin. | Midi. | 3 heur. du soir. | 9 heur. du soir. |
|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | mm |
| Janvier. | 755,74 | 755,54 | 755,[illegible]9 | 755,30 |
| Février. | 757,68 | 757,53 | 757,09 | 757,54 |
| Mars. | 753,57 | 753,54 | 753,10 | 753,68 |
| Avril. | 756,78 | 756,44 | 755,84 | 756,18 |
| Mai. | 752,33 | 752,07 | 751,06 | 752,01 |
| Juin. | 756,21 | 755,94 | 755,42 | 755,67 |
| Juillet. | 759,79 | 759,62 | 759,09 | 759,54 |
| Août. | 756,90 | 756,50 | 756,09 | 756,57 |
| Septem. | 757,05 | 756,90 | 756,17 | 756,67 |
| Octobr. | 752,53 | 752,23 | 751,60 | 752,09 |
| Novem. | 758,41 | 758,17 | 757,73 | 758,23 |
| Décem. | 757,42 | 757,69 | 757,30 | 757,06 |
| Moyen. | 756,20 | 756,01 | 755,46 | 755,88 |

Tableau *des Oscillations extrêmes du baromètre, en 1827.*

| MOIS. | MAXIMUM. | MINIMUM. | DIFFÉRENCES. |
|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm |
| Janvier. | 766,95 | 743,00 | 23,95 |
| Février. | 768,03 | 745,13 | 22,90 |
| Mars. | 768,38 | 733,50 | 34,88 |
| Avril. | 765,06 | 742,23 | 22,83 |
| Mai. | 761,75 | 741,47 | 20,28 |
| Juin. | 763,06 | 749,94 | 13,12 |
| Juillet. | 765,83 | 752,22 | 13,61 |
| Août. | 766,05 | 744,69 | 21,36 |
| Septembre. | 764,13 | 744,64 | 19,49 |
| Octobre. | 765,87 | 739,64 | 26,23 |
| Novembre. | 770,11 | 744,40 | 25,71 |
| Décembre. | 773,48 | 738,73 | 34,75 |

Tableau *de la quantité de pluie qui est tombée à Paris en 1827, tant dans la cour de l'Observatoire que sur la terrasse à 28 mèt. de hauteur.*

( La pluie est exprimée en centimètres. )

| NOMS des Mois. | PLUIE sur la terrasse. | PLUIE dans la cour. | NOMBRE de jours de pluie. |
|---|---|---|---|
| | c. | c. | |
| Janvier. | 1,235 | 1,610 | 7 |
| Février. | 1,950 | 2,250 | 4 |
| Mars. | 6,483 | 7,690 | 19 |
| Avril. | 3,790 | 4,625 | 8 |
| Mai. | 10,045 | 11,620 | 17 |
| Juin. | 1,690 | 1,800 | 13 |
| Juillet. | 3,570 | 3,760 | 7 |
| Août. | 3,030 | 3,160 | 10 |
| Septembre. | 4,135 | 4,370 | 16 |
| Octobre. | 6,130 | 6,875 | 16 |
| Novembre. | 2,130 | 2,695 | 12 |
| Décembre. | 5,910 | 7,130 | 17 |
| Sommes. | 50,098 | 57,585 | 146 |

Etat *des crues de la Seine en 1827, exprimées en mètres.*

| NOMS DES MOIS. | MAXIMUM. | MINIMUM. |
|---|---|---|
| Janvier. | $3^m$,10, le 20. | $1^m$,11, le 2. |
| Février. | 1,86, le 1er. | 0,85, le 18. |
| Mars. | 4,55, le 21. | 1,89, le 1er. |
| Avril. | 2,75, le 1er. | 1,21, le 30. |
| Mai. | 1,81, le 17. | 0,93, le 6. |
| Juin. | 1,34, le 1er. | 0,57, le 30. |
| Juillet. | 0,62, le 8. | 0,20, le 31. |
| Août. | 0,32, le 23. | 0,05, le 9. |
| Septembre. | 0,26, le 5. | 0,12, le 13. |
| Octobre, | 0,30, le 13. | — 0,01, le 30. |
| Novembre. | 0,16, le 22. | 0,01, le 4. |
| Décembre. | 2,25, le 27. | 0,09, le 1er. |

Les hauteurs ou les dépressions de la rivière sont toujours comptées à partir du zéro de l'échelle du pont de la Tournelle.

La hauteur moyenne de l'eau, en 1827, a été de $1^m$,07.

---

Etat *des vents, à Paris, en 1827.*

| Mois. | Nord. | Nord-E. | Est. | Sud.-E. | Sud. | Sud-O. | Ouest. | Nord-O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janv. | 9 | 1 | 2 | 0 | 5 | 8 | 3 | 3 |
| Févr. | 11 | 5 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Mars. | 3 | 0 | 0 | 1 | 7 | 8 | 10 | 2 |
| Avril. | 9 | 2 | 1 | 4 | 6 | 1 | 3 | 4 |
| Mai. | 8 | 0 | 0 | 2 | 4 | 9 | 4 | 4 |
| Juin. | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 8 | 9 | 2 |
| Juill. | 5 | 3 | 1 | 0 | 3 | 2 | 6 | 11 |
| Août | 8 | 0 | 1 | 0 | 3 | 8 | 6 | 5 |
| Sept. | 9 | 3 | 0 | 1 | 14 | 0 | 2 | 1 |
| Oct. | 4 | 1 | 0 | 6 | 10 | 4 | 4 | 2 |
| Nov. | 0 | 4 | 2 | 3 | 7 | 1 | 6 | 7 |
| Déc. | 1 | 1 | 1 | 0 | 10 | 5 | 10 | 3 |
| Som. | 76 | 20 | 11 | 18 | 73 | 56 | 65 | 46 |

## ETAT *du ciel, à Paris, en* 1827.

Il y a eu, cette année, à Paris :

146 jours de pluie ;
21 jours de neige ;
6 jours de grêle ou grésil ;
59 jours de gelée ;
21 jours de tonnerre ;
178 jours durant lesquels le ciel a été presque entièrement couvert.

---

## TACHES *solaires en* 1827.

Janvier. Le 2, à midi, il y avait près du centre du soleil une très-belle tache entourée d'une forte pénombre. Le 3, la grande tache du 2 était suivie de *six* taches de dimensions beaucoup moindres ; deux grandes taches s'approchaient du bord occidental ; on voyait aussi une tache assez belle près du bord oriental. Le 4, à midi, les deux taches du bord occidental avaient disparu : on ne distinguait plus que les facules environnantes ; la grande tache s'était avancée sans trop changer de forme ; une petite tache, dont hier il n'existait pas de trace, la précédait ; la tache orientale s'apercevait à merveille. Le 6, on voyait encore les grandes taches du 4, et de plus, un groupe de taches fort petites qui s'étaient *formées* autour de celle qu'on a désignée par le nom de *tache orientale*. Le 7, toutes ces taches existaient encore ; elles s'étaient seulement rapprochées du bord occidental du soleil.

Février. Le 17, à midi, grosse tache au dessous du centre apparent du soleil, suivie d'une longue traînee de taches moins considérables. La grosse tache avait disparu le 24, à midi ; mais à la même heure, on apercevait deux belles taches nouvelles près du centre ; un groupe de taches assez petites qui s'est *formé* depuis le 23, près du premier bord du soleil ; et sur le bord opposé une tache dont on ne pourrait pas assigner la forme tant elle est encore voisine du limbe.

Mars. Il y avait plusieurs taches sur le soleil dans les premiers jours de ce mois ; mais le mauvais temps a empêché de les voir assez nettement pour qu'on les décrive. Le 14, à midi, deux groupes de taches venaient de passer dans l'hémisphère visible. Le 19, à midi, deux grandes taches se voyaient au dessus du centre du soleil, au milieu d'un groupe de taches beaucoup plus petites ; plus bas, il existait trois grosses taches très-obscures, et tout près, comme à l'ordinaire, un bon nombre de points noirs. Le 24, toutes les taches du 19 s'apercevaient encore. Le 28, à midi, il n'y avait dans toute la surface visible de l'astre, qu'un groupe de taches très-petites, placé près de son centre.

Avril. Le 5, à midi, on voyait au dessus du centre du soleil un groupe de taches, les unes grandes, au nombre de quatre, les autres petites : elles mettaient de 14″ à 15″ de temps pour traverser le fil horaire ; une petite tache au centre même ; enfin une tache entourée de facules près du bord oriental. Le 6, tout paraissait dans le même état que la veille ; la tache du centre, seulement, s'était *évanouie*. Le 12, il y avait trois groupes de petites taches, un vers le centre, et deux autres

entre le centre et le bord oriental du soleil. Le 15, on voyait toutes les taches du 12, et de plus deux petites taches nouvelles à l'orient. Le 17, à midi, on n'apercevait que deux taches isolées vers le bord occidental. Le 18, les taches du 17 étaient suivies d'une tache nouvelle ; on voyait de plus un groupe nombreux renfermant deux taches assez belles entre le centre et le bord oriental. Les 24 et 25, des taches nouvelles en assez grand nombre s'étaient ajoutées au groupe du 18. Le 26, il y avait cinq groupes de taches distincts dans l'hémisphère visible du soleil.

Mai. Je ne trouve dans les registres de l'Observatoire aucune indication de taches durant le mois de mai ; il est cependant très-probable que plusieurs se sont montrées, mais l'astronome chargé de la lunette méridienne n'aura pas eu le soin d'en faire mention : dans le mois de mai on n'observe pas le soleil au cercle répétiteur.

Juin. Le 1$^{er}$, à midi, il y avait deux groupes de petites taches dans le voisinage du centre du soleil.

Juillet. Le 2, à midi, il existe deux groupes de petites taches vers le bord oriental du soleil ; un groupe près du centre, et une grande tache dans le voisinage du bord occidental. Le 4, on voit encore les trois groupes du 2. Le 7, il y a deux groupes de taches, l'un au bord oriental, l'autre au bord occidental : tous deux sont entourés de facules ; un autre groupe est placé au centre. Le 9, à midi, le groupe oriental du 7 est maintenant au centre ; celui qu'on voyait au centre est près du bord occidental ; le groupe occidental a disparu. Le 25, à midi, deux taches au bord oriental ; la plus voisine du limbe est entourée de facules. Le 27, outre

les taches du 25, on voyait une tache nouvelle près du centre. Le 31, à midi, il existait deux groupes de belles taches vers le centre.

Août. Le 1er, à midi, on voyait, outre les deux groupes du 31 juillet, une petite tache au bord oriental. Le 3, on apercevait les deux groupes, la tache du 1er, et deux petites taches nouvelles près de ce même bord oriental. Les 7 et 8, à midi, il n'y avait sur le soleil que trois taches, deux près du centre et une vers le bord oriental. Les 24 et 25, à midi, on voyait près du centre une grande tache noire entourée de quelques taches fort petites; et deux groupes, l'un vers le bord oriental, l'autre vers le bord occidental.

Septembre. Le 2, à midi, deux groupes de taches s'aperçoivent vers le bord oriental du soleil. Le 18, il y a une grande tache entourée d'une forte pénombre; six petites taches la précèdent. Le 23, à midi, on voit quatre groupes de taches : l'un est vers le bord occidental; deux autres sont compris entre ce bord et le centre; le quatrième, composé de taches très-faibles, est situé près du bord oriental.

Octobre. Le 2, il y avait sur le soleil plusieurs groupes de taches dont les nuages ne permirent pas d'observer exactement les configurations. Le 6, à midi, on apercevait, 1° deux taches au bord oriental; 2° un groupe de taches très-rapprochées les unes des autres, vers le centre; 3° beaucoup au dessous du centre, une tache isolée; 4° enfin un groupe où l'on distinguait huit taches principales assez grandes, vers le bord occidental. Le 7, à midi, on voyait, outre les taches d'hier, un nouveau groupe de trois taches entourées de facules,

près du bord oriental. Le 8, à midi, toutes les taches du 7 étaient encore visibles ; le groupe que le mouvement de rotation du soleil avait rapproché du bord occidental, offrait beaucoup de facules.

Novembre. Le 10, à midi, on voyait deux groupes de taches dans la partie inférieure du soleil.

Décembre. Le 7, à midi, il y avait sur le soleil, dans le voisinage de son centre, 1° une énorme tache entourée d'une forte pénombre et de plusieurs taches très-petites ; 2° deux groupes de petites taches noires près des deux bords opposés. Le 11, à midi, on voyait, près du centre, une grande tache noire, entourée d'une large pénombre et suivie d'un certain nombre de taches fort petites ; et vers le bord occidental, deux larges taches à pénombre bien distincte, accompagnées de plusieurs taches moindres. Le 16, à midi, on apercevait deux grandes taches très-près des deux bords du soleil ; toutes deux avaient une pénombre elliptique bien distincte, sensiblement plus large vers le bord que du côté du centre. Le 25, à midi, un groupe très-considérable, situé au bord occidental, se faisait remarquer par cinq belles taches. Le 30, on voyait, au bord oriental, beaucoup de facules qui entouraient une grande tache noire, et deux groupes de taches assez remarquables, l'un au dessus, l'autre au dessous du centre du soleil.

---

LISTE *des Tremblemens de Terre en* 1827.

2 Janvier 1827, à l'heure du dîner? *Mortagne* (Orne) et les environs ; secousse violente, mais de courte du-

rée, accompagnée d'un bruit très-intense. Des cheminées et des ustensiles de ménage ont été renversés. La commotion s'est propagée jusqu'à Alençon. Ce jour-là, le ciel était sombre, le temps lourd et orageux, ce qui n'est pas ordinaire pour la saison.

9 Février, à sept heures du soir; *partie nord-ouest du pays de Galles et île d'Anglesey*; les secousses durèrent de 40 secondes à une minute; elles furent assez violentes pour renverser plusieurs meubles; on entendit en même temps un bruit analogue à celui que produit une charrette lourdement chargée en roulant sur le pavé

2 Avril, une heure vingt minutes du matin; *Bevers*; deux secousses consécutives et assez fortes.

(Les habitans de la Basse-Engadine prétendent avoir compté dans l'hiver environ 20 secousses pareilles.)

29 Mai, à......; *Vajaca* (Mexique). Deux légères secousses.

3 Juin, à.......; *Martinique*; légère secousse.

12 Juin, à une heure et demie; *Tehenacan* (Mexique). Violente secousse; bruit effrayant; beaucoup d'édifices endommagés.

16 Juin, à cinq heures; *Aquila* (royaume de Naples). Une secousse.

21 Juin, onze heures du matin; *Palerme*. Quatre fortes secousses dans l'espace de sept secondes : c'était un mouvement oscillatoire dirigé de l'ouest à l'est.

14 Août, deux heures après midi; *Palerme*. Plusieurs secousses; elles durèrent environ dix-huit minutes avec des interruptions très-courtes; le mouvement fut toujours oscillatoire.

18 Septembre, à........; *Lisbonne*. Légère secousse.

10 Octobre, à deux heures quarante-huit minutes après midi; *Zurich* et tous les bords du lac. Assez forte secousse.

15 Octobre, à huit heures du soir; *Jassy*. Deux violentes secousses dirigées du nord au sud et accompagnées d'un bruit souterrain, à la suite de deux ou trois journées d'une forte chaleur.

30 Octobre, cinq heures vingt minutes du matin; cantons de *Taravo*, *Tallano* et *Sartène* (Corse). Deux secousses.

30 Novembre, trois heures du matin. *Pointe à Pître* (Guadeloupe). Violent tremblement de terre. A Marie-Galante, il a été précédé d'une bourrasque assez forte.

---

## AURORES BORÉALES.

J'ai publié dans les *Annales*, en 1825, une Note relative à l'influence que diverses aurores boréales observées au *nord de l'Ecosse* avaient exercée *à Paris* sur la position de l'aiguille aimantée. M. Hansteen m'a fait l'honneur de soumettre cette Note à un examen critique dont je vais reproduire les principaux traits.

L'habile physicien de Christiania dit d'abord que ma remarque sur l'action qu'exercent les aurores boréales *dans les lieux où* ELLES NE SE MONTRENT PAS, n'est pas *entièrement* neuve (*is not entirely new*); il pense cependant qu'elle a un grand intérêt (*great interest*), parce qu'elle montre que le météore, en cela fort dif-

férent de la pluie, du tonnerre, etc., etc., n'est pas le résultat d'une action qui s'exercerait seulement sur une petite étendue de l'atmosphère, mais bien l'effet d'un dérangement d'équilibre dans le système tout entier des forces magnétiques du globe.

Pour prouver que ma remarque n'est pas *entièrement* neuve, l'auteur cite alors des observations faites le 5 avril 1741, par Celsius à Upsal, et par Graham à Londres. Celsius aperçut ce jour-là une aurore boréale, pendant que son aiguille horizontale était dérangée; Graham vit une perturbation pareille à Londres, *mais ne fait mention d'aucune aurore boréale* (1).

---

(1) Qnand j'annonçai en 1825 que les aurores boréales agissent sur l'aiguille aimantée, *même dans les lieux où elles ne se montrent pas,* je m'abstins de rien affirmer sur la nouveauté de cette observation, quoique je ne l'eusse point trouvée dans les nombreux Mémoires que j'avais consultés. En lisant les premières phrases de l'écrit de M. Hansteen, je dus m'applaudir de ma réserve. J'avoue même que je n'attachai d'abord aucune importance aux deux mots, *entirely new,* qu'on y trouve; je les regardai comme une simple politesse : il est clair, en effet, qu'une assertion de la nature de celle que j'avais publiée ne peut pas être neuve à moitié; aussi j'étais bien résolu à me désister, à ce sujet, de toute espèce de prétention; à rendre une entière justice au premier auteur de la remarque; à ne présenter désormais mes observations qu'à titre de confirmation; mais en examinant bientôt après les preuves dont M. Hansteen appuie sa thèse, j'ai reconnu que je n'avais lésé les droits de personne et qu'il n'y a lieu de ma part à aucune réparation. L'observation faite à Lon-

J'avais indiqué les jours où l'aiguille fut notablement dérangée à Paris en 1825, sans qu'on eût observé d'aurore boréale à Edimburgh ; M. Hansteen a cherché dans ses Journaux météorologiques, si plus au nord,

---

dres par M. Graham est complètement insignifiante, puisque ce physicien ne dit pas s'il y avait ou s'il n'y avait pas d'aurore boréale visible ; puisqu' il n'est pas prouvé qu'il ait cherché à s'en assurer ; puisque tout annonce qu'il n'était pas instruit de la liaison de ce phénomène avec les mouvemens de l'aiguille aimantée. En y réfléchissant, M. Hansteen me permettra même d'ajouter, qu'alors même qu'on lirait tous ces détails dans la Note de M. Graham, on n'en pourrait tirer légitimement aucune conséquence relativement à l'action qu'exercent, suivant moi, les aurores boréales invisibles. Il est, en effet, bien établi, par une multitude d'observations, qu'une aurore *qui se montre* dans un lieu donné y laisse souvent l'aiguille aimantée dérangée, *après* qu'elle a cessé de luire : or, puisque le 5 avril 1741, l'aiguille était, dans le jour, considérablement affolée à Londres, tout doit porter à croire qu'il y avait alors sur l'horizon une aurore boréale que la lumière atmosphérique empêcha d'apercevoir, et dont les oscillations de l'aiguille, la nuit, furent *la suite*. Cette conjecture paraîtra d'autant plus naturelle qu'à Stockholm même, Celsius n'aperçut, le 5 avril, à nuit close, que de faibles traces d'une aurore boréale qui finissait. Pour prouver sans réplique l'influence des aurores boréales invisibles, il faut donc qu'en un lieu donné, à Paris, si l'on veut, *un certain jour, le ciel étant parfaitement serein, l'aiguille aimantée ait marché régulièrement jusqu'à la nuit ; qu'alors, et seulement alors, elle se soit notablement dérangée ; que l'ob-*

à Christiania, ce météore ne se serait pas montré, et il trouve que :

Le 13 (1) mars, le ciel était couvert : l'aurore ne pouvait donc pas être aperçue ;

Les 30 et 31 ; le ciel était serein, et le journal ne signale cependant aucune aurore ; mais la fenêtre par laquelle M. Hansteen observa l'état du ciel, n'était pas du côté du nord. Près de Drontheim, où il y a un observateur, il tombait de la neige les 30 et 31 mars, et le 1^er^ avril.

Le 21 avril ; ciel entièrement couvert à Christiania. (Je n'ai pas parlé du 21 avril ; j'ignore à quel propos M. Hansteen le cite.)

Les 17 et 21 août, les circonstances atmosphériques

---

*servateur ait cherché scrupuleusement et sans succès des traces de l'aurore boréale ; et que dans une station située beaucoup plus au nord, ce phénomène se soit montré.* La réunion de toutes ces circonstances a eu lieu si fréquemment pendant mes observations, que je n'ai pas dû hésiter à soumettre aux physiciens le fait qui en découle, et dont M. Hansteen, par cette discussion, m'aura rendu le service de faire ressortir la nouveauté. Si, au lieu d'éclaircir la question à l'aide d'argumens puisés dans la nature même des choses, j'avais voulu me contenter de répondre à la critique du savant professeur norwégien, il m'aurait suffi de remarquer qu'en analysant dans son grand ouvrage les observations de Celsius et de Graham, il n'a fait aucune mention de la conséquence qu'il en a déduite *depuis* la publication de ma Note.

(1) Je pense qu'il faut lire le 19 : je n'ai rien dit du 13 dans la Note des *Annales*.

n'auraient pas permis de voir une aurore boréale dans les lieux qu'habitent les correspondans de M. Hansteen.

Le 25 août (1); à 11 heures 40 minutes du soir, une aurore boréale se montrait à Christiania et à Hardanger. Le journal de M. Holmboe porte que l'aurore brilla plusieurs fois dans les derniers jours du mois d'août; mais les vraies dates n'y sont pas. M. Hansteen pense qu'il est *très-probable* que ces dates sont les 21, 22 et 23 août; que dès-lors on n'est pas obligé d'admettre avec M. Arago « qu'il existe des causes inconnues « (autres que les aurores boréales) qui agissent sur « l'aiguille magnétique (2) ».

Le 10 septembre, aurore boréale très-brillante à Christiania.

Le 7 octobre, temps couvert.

Les 3 ou 4 novembre, aurore boréale à Bergen.

---

(1) N'est-ce pas le 26 qu'il faut lire?

(2) Si je pouvais supposer que la traduction du Mémoire de M. Hansteen a été correctement imprimée dans le Journal anglais où je l'ai trouvée, je ferais remarquer que le savant physicien norwégien me prête ici fort gratuitement une opinion que je n'ai point énoncée. Voici ma proposition : La marche de l'aiguille, le 29 août 1825, ayant offert, à Paris, les plus fortes anomalies, « *si*, par un temps serein, les observateurs « du nord n'ont pas vu d'aurore boréale, on sera forcé d'ad- « mettre qu'il existe d'autres causes, encore inconnues, qui « exercent aussi sur la marche de l'aiguille aimantée une « influence considérable », je n'ai pas dit que j'admettais de telles causes : j'ai montré dans quelles circonstances M. Hansteen, tout comme un autre, serait forcé d'y recourir.

Le 22 novembre, ciel clair à Christiania : cependant le journal météorologique ne signale aucune aurore. (Une aurore a été vue à Leith.)

---

Le 26 août 1825, M. Hansteen étant près de Tornéo en Laponie, son aiguille *horizontale*, à 9 heures trois quarts du soir, fit 300 oscillations en 887″, tandis que, ordinairement, il n'en fallait que 881. Cette irrégularité, dit M. Hansteen, ayant coïncidé avec la variation de déclinaison observée par M. Arago à Paris, montre que les influences des aurores boréales embrassent de très-grandes étendues de pays, et que *les changemens de direction coïncident avec des changemens d'intensité* (1).

---

J'avais cru pouvoir prédire, tome XXXIII, page 422, qu'on aurait vu, vers le nord, des aurores boréales en

---

(1) Ce résultat est exact, mais les observations de M. Hansteen ne le *démontrent pas*. J'ai reconnu, en effet, que l'aiguille d'inclinaison change tout aussi bien de position, par l'action des aurores boréales, que l'aiguille horizontale. Les oscillations de celle-ci varieraient donc de durée alors même que l'intensité resterait constante. Ce n'est qu'après avoir corrigé cette durée des effets que les changemens d'inclinaison produisent, qu'on peut en déduire les intensités correspondantes à diverses heures et à différens jours. J'espère publier bientôt une nombreuse suite d'observations que j'ai faites, pendant plus d'une année, en employant à la fois les aiguilles horizontale et d'inclinaison.

1826, les 10 et 13 février ; les 9, 23 et 29 mars ; les 9, 13, 17 et 24 avril. Jusqu'à présent je n'ai pas reçu la confirmation de toutes ces annonces. Dès que les derniers Voyages des capitaines Parry et Franklin auront paru, j'examinerai si mes conjectures se sont vérifiées, et, quoi qu'il arrive, je ferai connaître scrupuleusement le résultat. Aujourd'hui, je puis dire déjà, grâce à la complaisance de M. Dalton, qu'une aurore boréale, comme je l'avais prévu, s'est montrée dans le nord de l'Angleterre le 29 mars. La lettre de cet illustre chimiste est trop intéressante pour que je puisse me dispenser de l'insérer ici en entier :

« Mon cher ami,

« Je sais que vous prenez intérêt à tout ce qui regarde « la météorologie ; je vous envoie en conséquence le « résultat d'une recherche que j'ai faite dernièrement « sur la hauteur des aurores boréales.

« On a vu une aurore boréale très-remarquable dans « le nord de l'Angleterre et de l'Ecosse, le 29 mars « 1826, entre 8 et 10 heures du soir. Elle avait la « forme de l'arc-en-ciel et embrassait dans le firma- « ment l'espace compris entre l'orient et l'occident « magnétiques. Cet arc resta presque complètement « stationnaire pendant près d'une heure : son mouve- « ment, dans le sens nord-sud, du moins, était tout- « à-fait insensible.

« L'arc fut aperçu sur divers points d'une ligne « qui n'a pas moins de 170 milles anglais d'étendue « dans la direction du méridien magnétique : entre « autres, à Manchester et à Edimburgh. A l'extrémité

« méridionale de cette ligne, le point culminant de « l'arc était placé dans le méridien magnétique, *du* « *côté du nord*, et à une hauteur angulaire de 60° au « dessus de l'horizon. A l'extrémité septentrionale, « on trouva que le point culminant, situé aussi dans le « méridien magnétique, se trouvait à 55° de hauteur, « mais *du côté du sud*. Dans quelques villes intermé- « diaires, les observateurs virent l'arc au zénith; dans « d'autres il était au nord ou au sud de ce point, sui- « vant la latitude du lieu.

« D'après toutes ces données, j'ai trouvé que la hau- « teur verticale de l'arc était de 100 milles anglais (en- « viron 33 lieues); sa largeur de 8 ou 9 milles (3 lieues); « son étendue visible, de l'est à l'ouest, au-delà de « 500 milles (167 lieues). »

Manchester, le 22 novembre 1827.

---

## Aurores *boréales en* 1827.

Le 9 janvier 1827, M. Marshal a vu à *Kendal*, en Angleterre, une brillante aurore boréale.

Le 9 janvier, la marche de l'aiguille des variations diurnes, à Paris, fut très-irrégulière. Déjà, à 2 heures après midi, la pointe nord était plus occidentale qu'à l'ordinaire, de 4' $\frac{1}{2}$; la déviation se maintint dans le même sens jusqu'à 7 h. $\frac{1}{2}$; mais à 11 h. 5', la déclinaison était, au contraire, de 3' $\frac{1}{2}$ plus petite que les jours précédens.

L'aiguille d'inclinaison fit aussi des oscillations irrégulières.

Le ciel était complètement couvert.

Le 13 ou le 18 janvier 1827, vers 6 heures du soir, on aperçut à *Gosport* (Angleterre) un arc lumineux placé du côté du nord et dans le méridien magnétique. Il augmenta graduellement d'amplitude et d'éclat ; sa base, après 9 heures et demie, soutendait plus de 90°. Des colonnes de lumière d'un rouge pâle émanaient successivement des différens points de l'arc où des accumulations momentanées et considérables de la matière lumineuse s'étaient d'abord formées ; plusieurs de ces colonnes montèrent jusqu'à 48° de hauteur. Le phénomène était encore visible, à travers les interstices des nuages, à 11 heures et demie du soir. On n'aperçut rien les jours suivans.

Je trouve les deux dates (13 et 18) dans le même Numéro du *Philosoph. Magazine* d'où j'ai tiré ce qui précède. Si la première date est exacte, l'aurore n'a pas agi sensiblement sur l'aiguille aimantée de Paris ; s'il faut lire 18, comme je le suppose, l'action a été très-grande, et le dérangement, contre l'habitude, a porté *d'abord* l'extrémité nord de l'aiguille *vers l'ouest*. A 6 heures et demie du soir, la déclinaison était de 3′ plus grande qu'à l'ordinaire ; à 6 heures trois quarts, elle s'était encore accrue de $1' \frac{1}{2}$ ; à 11 heures trois quarts, au contraire, je la trouvai de 14′ plus petite que les jours précédens, mais en 5 minutes, c'est-à-dire de 11 heur. 45 min. à 11 heur. 50 min., l'aiguille marcha à l'ouest de 21 minutes. *Le ciel était serein.*

Les autres jours du mois de janvier 1827, dans lesquels l'aiguille aimantée a été sensiblement dérangée à Paris, sans qu'il soit encore venu à ma connaissance qu'on ait aperçu en même temps des aurores boréales

dans le nord, sont : le jeudi 4 (dans la matinée et vers midi surtout) ; le jeudi 25, toute la soirée depuis 6 heures ; le mardi 30, dans la soirée.

---

Le 17 février 1827, à 8 heures du soir, dit M. Burney, une lumière brillante se montra dans le nord, à Gosport ; elle occupait 20° de chaque côté du méridien magnétique. Des colonnes lumineuses partirent verticalement de temps à autre de quelques nuages qui se formaient çà et là. A 10 heures, une averse de neige cacha subitement le phénomène.

Le 17 février, l'aiguille de déclinaison n'offrit rien d'extraordinaire à Paris, ni dans la matinée, ni dans l'après-midi, du moins jusqu'à 1 heure et demie. Le soir, elle ne fut observée qu'à 11 heures un quart : alors la pointe nord se trouvait de 5 minutes à l'orient de sa position habituelle. Le ciel était serein.

En février 1827, il a *dû* y avoir des aurores boréales ; le samedi 3, depuis midi ; le dimanche 4, surtout dans la matinée ; le dimanche 18, dans la soirée ; le lundi 19, vers midi.

---

L'aiguille n'a pas éprouvé de grandes perturbations en mars : le 8, au soir ; le 9, au matin ; le 13, à 9 heures un quart du soir ; le 22, vers midi, et le 30 à 9 heures et demie du soir, sont les seuls instans où elle se soit trouvée à 2 ou 3 minutes de sa position habituelle.

---

Je ne doute pas que les observateurs du nord n'aient aperçu plusieurs aurores boréales dans le mois d'avril. Les jours où l'aiguille a été le plus dérangée sont :

le 5 vers midi ; le 6, le 7, le 22 et le 24. On a vu aussi des déviations sensibles le 12 et le 13.

Si je pensais qu'il fût utile de continuer cette énumération, je dirais encore qu'il a existé des aurores boréales les 2 et 16 mai ; les 25, 26 et 27 juin ; le 23 juillet ; et le 14 août ; mais je vais revenir à ceux de ces phénomènes dont j'ai déjà eu connaissance.

---

Le 27 août, dans la soirée, on a aperçu une aurore boréale à Perth, au nord de l'Ecosse. Les jets de lumière étaient très-rapides ; ils couvrirent un moment presque tout le ciel.

A Paris, le 27 août, je trouvai la pointe nord de l'aiguille, 10 minutes plus à l'occident que dans sa position ordinaire, à 1 heure 6 minutes de l'après midi ; elle éprouvait de plus des oscillations irrégulières. Le soir, à 9 heures et demie, la déclinaison, au contraire, était *plus petite* que les jours précédens à pareille heure, d'environ 8 minutes ; le ciel était très-nuageux.

Le 28 août, pendant la soirée, une aurore boréale fut aperçue dans le Roxburgshire.

Le 28 août, à 1 heure après midi, la déclinaison de l'aiguille *surpassait* de 6 minutes la moyenne des jours précédens. Le soir, on n'observa malheureusement qu'une fois : il était alors 11 heures, et la déclinaison parut de 3 minutes *plus petite* qu'à l'ordinaire. Le lendemain matin, 29, à 9 heures, la pointe nord se trouvait à l'occident de la position habituelle de 12′. A 9 heures trois quarts, cette déviation s'était encore accrue de quatre minutes, et l'aiguille n'était plus sta-

tionnaire : elle oscillait dans des arcs de plus de 8 minutes. Le soir, tout était rentré dans l'ordre.

L'aiguille verticale éprouva les mêmes influences ; l'*inclinaison*, durant la matinée du 29, était *supérieure* de près de 6 minutes à celles de la veille et du lendemain. Le manque d'espace me force de renvoyer à une autre circonstance l'exposition de tout ce que j'ai reconnu sur les changemens d'intensité.

---

Le samedi 8 septembre 1827, mon confrère à l'Académie, M. Héron de Villefosse, a vu une aurore boréale à Saint-Cloud, à 8 heures et demie du soir, dans la direction du N. O. ; le ciel était serein et la lune très-brillante.

Le 8 septembre, on remarqua, déjà à midi, un dérangement très-notable de l'aiguille des variations diurnes. La pointe nord se trouvait alors de 13 min. à l'occident de sa position ordinaire. A 1 heure 19 min., la déclinaison *surpassait* de 19 min. celles qu'on avait observées à pareille heure les jours précédens. Toute la journée, l'aiguille parut très-agitée, et la cause perturbatrice porta toujours l'extrémité nord à l'occident. Ce ne fut que le soir, à 9 heur. et un quart, qu'on observa une déviation de 8 min. en sens contraire, c'est-à-dire vers l'orient.

Les personnes qui doutent encore de l'influence qu'exercent les aurores boréales, changeront certainement d'opinion quand elles verront la série toute entière des observations faites à Paris le 8 septembre.

L'aiguille d'inclinaison subit le même jour des dé-

rangemens fort supérieurs aux petites erreurs dont les observations peuvent être affectées quand on vise aux deux pointes avec des microscopes.

Le 25 septembre 1827, l'aiguille, qui toute la journée n'avait rien offert de particulier, ayant éprouvé à 9 heures et demie du soir un dérangement très-sensible, je soupçonnai qu'il y aurait quelque part une aurore boréale; j'aperçus bientôt, en effet, des nuages lumineux dispersés çà et là, entre le N.N.O. et le N.E.; ils n'étaient pas toujours également vifs; quelquefois ils semblaient s'allumer; un instant après, ils disparaissaient totalement. Ces lumières éparses se réunirent une fois et formèrent pendant quelques minutes un arc continu, peu élevé au dessus de l'horizon et dont le point culminant, autant qu'on en put juger, était à une vingtaine de degrés du méridien terrestre, c'est-à-dire très-près du méridien magnétique.

Le même phénomène a été aperçu au Hâvre, à Ostende en Belgique, à Arau et à Zurich en Suisse, à Gosport et à Kendal en Angleterre, en Danemarck et en Suède. L'observateur d'Ostende dit que l'aurore commença à se montrer à 11 heures, qu'elle durait encore à minuit, et que sa lumière y atteignit le zénith. M. Valenciennes l'a vue entre Arras et Doulens; il a particulièrement porté son attention sur une nappe lumineuse dont la teinte purpurine était très-brillante, et qui se trouvait au dessus d'un segment vif et blanchâtre placé à l'horizon même, vers le N. O.; il a remarqué aussi plusieurs rayons verticaux d'un jaune doré. M. Forster annonce qu'en Angleterre la pleine lune ne lui a jamais montré les objets éloignés aussi distinctement que l'aurore du 25 septembre.

Le 25 septembre, l'aiguille des variations diurnes avait marché régulièrement depuis le matin jusqu'à 8 heures du soir; ensuite elle se dérangea. A 9 heures, je trouvai pour la déclinaison 7′ *de moins* que les jours précédens; dix minutes plus tard, l'aiguille avait marché *à l'ouest* de 7′; un mouvement oriental succéda à celui-là, de telle sorte qu'à 10 heures et un quart la pointe nord s'était rapprochée du méridien terrestre de 14′. Ensuite la déclinaison s'accrut de nouveau progressivement : à 10 heures et demie, elle surpassait de 12′ la déclinaison que j'avais observée à 10 heures et un quart.

Les observations de la boussole verticale ne présentent pas moins d'intérêt : l'angle que l'aiguille d'inclinaison formait avec l'horizontale était, par exemple, de 7′ plus grand à 10 heures et un quart qu'à 9 heures et demie.

---

Le 6 octobre 1827, malgré le clair de lune, on a vu dans plusieurs parties de l'Angleterre, entre autres à Manchester, une *brillante aurore boréale*.

Le 6 octobre, l'aiguille des variations diurnes dont je fais usage, n'avait rien offert dans sa marche durant tout le jour qui méritât d'être particulièrement remarqué. Ce ne fut qu'à 8 heur. du soir qu'une diminution sensible dans la déclinaison, montra qu'il serait utile de multiplier les observations. Je commençai, en effet, à marquer la position de l'aiguille toutes les cinq minutes, et je continuai jusqu'après 11 heures. Les déplacemens étaient excessivement irréguliers; l'observation toutefois ne présentait pas de difficulté, car l'aiguille *oscillait* à peine. A 8 heures, la déclinaison était plus pe-

tite qu'à l'ordinaire ; à 10 heur. 20 min., elle s'était accrue de 8 min. ; cinq minutes après, elle avait diminué de la même quantité. A 10 heur. 35 min., je trouvai une déclinaison de 18 min. plus petite qu'à l'ordinaire ; ensuite elle augmenta et diminua à plusieurs reprises, mais sans jamais atteindre, dans ses augmentations, aux valeurs des jours précédens. A 11 heur. 12 min., au moment de la moindre déclinaison, sa diminution anomale était de plus de 20 min.

L'aiguille d'inclinaison éprouva aussi des déplacemens sensibles le 6 octobre, entre 8 et 10 heur. 24 min. Les observations que je fis sur les oscillations d'une aiguille horizontale, convenablement corrigées de l'effet des changemens d'inclinaison, ont *prouvé* que l'intensité magnétique varie aussi pendant les aurores boréales. Je reviendrai sur cet objet dans un article à part ; aujourd'hui, je me bornerai à remarquer, 1°. que l'aiguille horizontale ne commença à se déranger, le 6 octobre, qu'à la nuit ; 2°. que le ciel était parfaitement serein ; 3°. que, pendant toute la soirée, je cherchai vainement à découvrir des traces de l'aurore boréale, et que, cependant, en Angleterre on a cité celle de ce jour là comme ayant été très-brillante.

Sans ces trois circonstances réunies, ainsi que je l'ai déjà expliqué, je ne pourrais pas déduire légitimement des observations précédentes, la conséquence que l'aurore vue à Manchester, quoiqu'elle soit restée au-dessous de l'horizon de Paris, y a dérangé l'aiguille.

Le 17 octobre 1827, M. Burney a vu à Gosport une faible aurore boréale.

Le 17 octobre, l'aiguille horizontale des variations

diurnes, à Paris, commença à offrir quelques légères anomalies, entre 1 heure et 2 heures de l'après-midi; mais le soir, à 9 heur. 50 min., le dérangement devint énorme : la déclinaison était alors *plus petite* que les jours précédens à pareille heure, de 24 min. Entre 9 heur. 50 min. et 10 heur. 45 min., elle augmenta ensuite de 19 min.

---

J'apprends par les journaux anglais qu'on a aperçu des aurores boréales dans le Roxburgshire, le 18 et le 19 novembre. Suivant M. Burney, celle du 18, la moins faible des deux, ne s'éleva pas de plus de 5 dégr. au-dessus de l'horizon de Gosport.

Le 18, l'aiguille des variations diurnes fut troublée à Paris, surtout dans l'après-midi. Le 19, à 11 heures du soir, la déclinaison était plus petite que les jours précédens à la même heure, de 8'.

---

Les recueils scientifiques n'ont encore annoncé aucune aurore boréale pour le mois de décembre 1827; je me hasarde, cependant, à prédire, d'après les indications de l'aiguille aimantée, que les observateurs en auront aperçu vers le nord, le samedi 29 et le dimanche 30.

---

## Sur *les Quantités extraordinaires de pluie qu'on a recueillies dans diverses villes en* 1827.

On a lu dans tous les journaux quotidiens, un compte détaillé des nombreux désastres que les inondations ont occasioné cette année dans le midi de la France; il serait donc inutile de le transcrire ici; mais je vais

rapporter la *mesure* de la quantité de pluie qu'on a recueillie dans diverses villes. Je ne crois pas que les annales de la météorologie aient rien offert jusqu'ici d'aussi extraordinaire ni en France ni dans aucun autre pays, sans excepter les régions équatoriales.

---

Le 20 mai 1827, il est tombé à Genève, dans le court intervalle de trois heures, *six pouces d'eau.*

---

Dans la même année (1827), il est tombé à Montpellier, en cinq jours, du 23 au 27 septembre inclusivement, 15 pouces 8 lignes d'eau. Du 24 au 26, en deux fois 24 heures, la pluie recueillie près de la même ville, à la manufacture de produits chimiques de M. Bérard, s'est élevée à 11 pouces 10 lignes.

---

A Joyeuse (département de l'Ardèche), d'après les regîtres de M. Tardy de La Brossy, le *maximum* de l'eau recueillie en un jour, dans le cours de vingt trois ans, avait été observé le 9 août 1807, et s'était élevé à l'énorme quantité de 9 pouces 3 lignes.

Le 9 octobre 1827, dans l'intervalle de vingt-deux heures, il est tombé, dans la même ville de Joyeuse, 29 pouces 3 lignes d'eau (*vingt-neuf pouces trois lignes*) : j'écris le résultat en toutes lettres afin qu'on ne croie pas à une faute d'impression.

*Onze jours* de ce mois d'octobre, suivant le même observateur, ont donné *trente-six pouces* d'eau, c'est-

à-dire environ le double de ce qu'il en tombe à Paris dans une année (1).

Pendant l'épouvantable averse du 9, le baromètre était presque stationnaire et de 2 ou 3 lignes seulement au-dessous de sa hauteur moyenne. De grands coups de tonnerre se succédaient sans interruption.

---

C'est une opinion fort accréditée qu'il pleut à Versailles beaucoup plus qu'à Paris, quoique ces deux villes soient si voisines. Avant de rechercher si les causes auxquelles on a généralement attribué la différence pouvaient être admises, j'ai pensé qu'il fallait d'abord savoir si elle existait. Les observations suivantes, dont je suis redevable à la complaisance de M. Demonferrand, tendent déjà à montrer qu'on s'est trompé : trois ou quatre années d'observations de plus décideront entièrement la question.

| | Paris. | Versailles. |
|---|---|---|
| 1825......... | 51$^{cent.}$,93 | 57$^{cent.}$,65 ; |
| 1826.......... | 47 ,21 | 46 ,15. |

---

TROMBE.

Le 11 août 1827, à 6 heures 52 minutes du soir, le professeur Mercanton aperçut une trombe sur le lac de Genève, près de Saint-Gingolph.

---

(1) Les journaux anglais viennent de publier comme une circonstance extraordinaire qui a donné lieu aux inondations les plus graves, que, l'an dernier, il est tombé à Bombay, *durant les douze premiers jours* de la saison des pluies, 32 pouces (anglais) d'eau : c'est précisément ce qu'on a recueilli à Joyeuse *en un seul jour*.

Le ciel était couvert de nuages orageux d'un gris foncé, qui marchaient avec vitesse du N.O. au S.E.; tout-à-coup il se détacha des nuages situés près de Saint-Gingolph, une colonne verticale de forme conique; elle avait 10 à 12 pieds de diamètre, et employa environ deux minutes à parcourir les 2000 pieds qui la séparaient du lac. Quand elle l'atteignit, l'eau s'agita vivement; ses bouillons écumeux s'élevaient à une hauteur de 50 pieds; elle n'employa que 8 minutes à atteindre l'embouchure du Rhône. Dans sa marche rapide, la colonne présentait les ondulations d'un ruban qui serait soumis à l'action d'un fort courant d'air. Des pêcheurs près desquels la trombe passa, dirent à M. Mercanton qu'elle faisait un bruit semblable à celui qu'occasionent les roues d'un bateau à vapeur tournant avec rapidité.

(*Bibl. univ.*)

---

## Sur *un Pronostic météorologique observé aux îles Shetland.*

M. Scott, professeur du collége royal et militaire de Sandhurst, assure qu'il a fréquemment observé aux îles Shetland un phénomène dont voici la description :

Il existe au rez-de-chaussée de la maison de Belmont, une armoire sur la tablette de laquelle on a l'habitude de placer des verres à boire dans une position renversée. Ces verres font quelquefois entendre spontanément des sons semblables à ceux qu'ils produisent, soit quand on frappe légèrement leur surface extérieure avec le tranchant d'un canif, soit quand on les soulève un peu pour les laisser retomber brusquement sur la tablette qui les supporte. Ces sons pronostiquent tou-

jours un coup de vent : aussi ne manque-t-on pas, quand on les a entendus, de mettre les chaloupes, les moissons, etc., en lieu de sûreté. Rien n'annonce de quel *rhumb* le vent soufflera ; mais l'intensité du son paraît toujours liée à celle de la tempête qu'il indique, et qui se manifeste, plus tôt ou plus tard, suivant les circonstances, mais généralement plusieurs heures après le son.

M. Scott dit s'être assuré qu'il n'existe aucun mouvement ni dans les verres, ni dans leurs supports, au moment même où ils résonnent le plus fortement. Il paraît disposé à penser, mais sans attacher aucune importance à cette idée, que la cause du phénomène doit être cherchée dans l'électricité.

---

## Retour *et Départ des Hirondelles.*

Les météorologistes ont déjà remarqué avec quelle singulière régularité les hirondelles visitent nos climats et les quittent; voici des observations de ce genre faites à Gosport, par M. Burney :

| | Arrivée. | Départ. | Durée du séjour. |
|---|---|---|---|
| 1816... | 23 avril... | non observé. | ........... |
| 1817... | 21 ....... | non observé. | ........... |
| 1818... | 25 ....... | 29 septembre... | 22 ½ semaines. |
| 1819... | 22 ....... | 1er octobre.... | 23 |
| 1820... | 26 ....... | 13 octobre..... | 24 |
| 1821... | 15 ....... | 8 octobre..... | 25 |
| 1822... | 27 ....... | 28 septembre .. | 22 |
| 1823... | 23 ....... | non observé. | ........... |

| | Arrivée. | Départ. | Durée du séjour. |
|---|---|---|---|
| 1824... | 18 avril... | 18 octobre...... | 26 semaines. |
| 1825... | 13 ....... | 11 octobre...... | 26 |
| 1826... | 18 ....... | 27 septembre... | 23 |
| 1827... | 13 ....... | 3 octobre..... | 24 ½. |

---

## PIERRES *volcaniques flottantes.*

On lit ce qui suit dans le Journal du Havre du 20 juillet 1827 : « Le capitaine Le Sauvage de la Goëlette « la *Bonne Emma* entrée hier venant du Sénégal, « rapporte que le 29 juin 1827, se trouvant à vingt « lieues dans l'est des Açores, il a parcouru un espace « de trois lieues couvert de pierres volcaniques, de « cannes à sucre, de paille et de morceaux de bois; il « présume que ces débris proviennent de l'éruption d'un « volcan. »

---

## NOUVEAU VOLCAN.

Un nouveau volcan s'est ouvert en Islande, le 13 février 1827, dans un des glaciers de l'île.

---

## PESANTEURS *spécifique de l'eau de l'Océan atlantique, déterminées par le* Dr John Davy.

M. Davy avait recueilli les divers échantillons d'eau de mer dont il donne aujourd'hui les pesanteurs spécifiques, durant un voyage du cap de Bonne-Espérance à Londres. Les bouteilles qui renfermaient le liquide étaient hermétiquement fermées : aucune évaporation n'avait donc pu avoir lieu jusqu'au moment où l'on

effectua les pesées. Pour cette opération, M. Davy employa une balance très-délicate appartenant à la Société royale. Tous les résultats se rapportent à la température de 63° Fah. = 17°,2 cent.

| Latitudes. | Long. comptées de Paris. | Pesant. spécifiques. |
|---|---|---|
| 30°. 6′ Sud. . . | 9°.22′ Est. . . . . | 1,02667. |
| 26 .55 Sud. . . | 5 .14 Est. . . . . | 1,02671. |
| 6 . 0 Nord. . | 21 .37 Ouest. . . | 1,02667. |
| 9 . 5 . . . . . . . | 27 .28 . . . . . . . . . | 1,02671. |
| 12 . 6 . . . . . . . | 30 .48 . . . . . . . . . | 1,02671. |
| 15 .56 . . . . . . . | 34 .58 . . . . . . . . . | 1,02762. |
| 18 .15 . . . . . . . | 36 .26 . . . . . . . . . | 1,02762. |
| 20 .55 . . . . . . . | 38 . 9 . . . . . . . . . | 1,02762. |
| 23 .27 . . . . . . . | 39 .28 . . . . . . . . . | 1,02823. |
| 28 . 1 . . . . . . . | 40 .17 . . . . . . . . . | 1,02823. |
| 31 . 8 . . . . . . . | 40 .47 . . . . . . . . . | 1.02762. |
| 34 . 8 . . . . . . . | 40 .17 . . . . . . . . . | 1,02823. |
| 42 .10 . . . . . . . | 32 .56 . . . . . . . . . | 1,02742. |
| 44 .51 . . . . . . . | 28 .57 . . . . . . . . . | 1,02721. |
| 47 . 5 . . . . . . . | 16 .32 . . . . . . . . . | 1,02721. |
| 49 . 3 . . . . . . . | 10 .21 . . . . . . . . . | 1,02721. |
| A un demi-mille au large de Douvres. | | 1,02648. |

(Edimburgh *Journal of Science.*)

---

## SUR *la Force d'adhésion des Vis.*

PAR M. BEVAN.

M. Bevan a cherché à déterminer quelle force est nécessaire pour enlever les vis connues sous le nom de

*vis à bois*. Celles qu'il a employées avaient deux pouces anglais de long, $\frac{22}{100}$ de pouce de diamètre à l'extérieur des filets et $\frac{15}{100}$ au fond de la cavité, en sorte que la saillie totale de chaque filet était de $\frac{35}{1000}$ de pouce. Douze filets embrassaient une étendue d'un pouce.

Ces vis *traversaient* de part en part des pièces de bois d'un pouce d'épaisseur. Les poids suivans étaient nécessaires pour les arracher.

| | |
|---|---|
| Du frêne sec....... | 790 livres anglaises. |
| Du chêne sec...... | 760 |
| De l'acajou sec..... | 770 |
| De l'orme sec...... | 655 |
| Du sycomore sec... | 830 |

La vis ne se détachait guère que deux minutes après le commencement de l'expérience.

Quand on employait des planches de deal et de bois plus tendres, la force nécessaire pour retirer les vis était la moitié des précédentes.

M. Bevan pense que la force totale d'adhésion des vis à bois peut être exprimée par la formule suivante :

Bois dur....... $200\,000\ d\delta t = f$;

Bois tendre..... $100\,000\ d\delta t = f$;

$d$ étant le diamètre du trou; $\delta$ la profondeur des filets ; $t$ l'épaisseur de la planche, le tout mesuré en pouces; $f$ la force totale, exprimée en livres anglaises.

( *Philos. mag.* Octobre 1827, p. 291.)

## Sur *les Produits que donnent des Machines à feu récemment perfectionnées en Angleterre.*

Les meilleures machines à feu dans le Cornouailles, n'avaient guère élevé jusqu'ici que 40 *millions de livres anglaises à un pied de hauteur*, *pour chaque boisseau* (*bushel*) *de charbon consumé*. Par des modifications légères dans les machines anciennes; en ne regardant aucune amélioration comme négligeable quelque peu importante qu'elle parût au premier coup d'œil, M. le capitaine Samuel Grose a obtenu les résultats beaucoup plus favorables que je vais rapporter :

Une machine à simple effet, dont le cylindre a 60 pouces de diamètre, établie à Wheal hope, ai donné pour chaque boisseau :

| | | |
|---|---|---|
| En avril... | 42 101 739 | livres élevées à un pied de hauteur. |
| mai... | 42 241 650 | |
| juin... | 54 725 716 | |
| juillet. | 55 012 292 | |
| août... | 50 979 084 | |

Une autre machine, aussi à simple effet, construite plus tard à Wheal Towan, dont le cylindre a 80 pouces de diamètre, fournit les énormes résultats que voici :

| | |
|---|---|
| Avril... | 61 877 545; |
| Mai..... | 60 632 179; |
| Juin..... | 61 762 210; |
| Juillet... | 62 220 820; |
| Août... | 61 764 166. |

C'est 50 pour cent de plus que ce qu'on obtenait des machines anciennes.

( *The Philos. mag.* Octobre 1827, p. 309. )

---

## SUR *la Conductibilité des principaux Métaux et de quelques Substances terreuses.*

PAR Mr C. DESPRETZ.

LE rapport de mon Mémoire relatif à la conductibilité a été inséré dans le tome XIX, p. 97 des *Annales de Chimie et de Physique.*

J'ai depuis recherché la conductibilité de l'or, de l'argent et du platine; je joindrai ici les résultats nouveaux aux résultats anciens.

Mes expériences fournissent la table suivante pour les rapports des pouvoirs conducteurs des principaux corps :

| | |
|---|---|
| Or........... | 1000,0; |
| Argent......... | 973,0; |
| Platine......... | 981,0; |
| Cuivre......... | 898,2; |
| Fer............ | 374,3; |
| Zinc........... | 363,0; |
| Etain.......... | 303,9; |
| Plomb......... | 179,6; |
| Marbre........ | 23,6; |
| Porcelaine...... | 12,2; |
| Terre des briques et des fourneaux. | 11,4. |

Voici le détail de quelques expériences :

Toutes les barres qui ont servi dans ces expériences étaient des prismes carrés. La distance entre deux thermomètres consécutifs était égale à 10 centimètres. Le côté de la section (excepté pour les deux dernières) était égal à $21^{mm}$. On avait recouvert les barres d'un même vernis afin de leur donner la même surface rayonnante. La barre, en expérience, était chauffée à une de ses extrémités par le moyen d'un quinquet. Le quinquet, dans ces expériences, présente plusieurs avantages : on le gouverne facilement, et il ne porte que peu de chaleur dans le lieu des observations. La température de l'air environnant est indiquée par un thermomètre très-sensible. On parvient à rendre cette température à peu près constante pendant le cours d'une expérience. La durée de chaque expérience est de six heures. Ce n'est qu'au bout de deux ou trois heures que les thermomètres ont acquis une température stationnaire. Le thermomètre, le plus rapproché du quinquet, prend promptement la température à laquelle on veut s'arrêter ; on surveille alors le quinquet de manière à ce que cette température n'éprouve que des variations insensibles.

Barre de cuivre. Température de l'air 17°,08.

| Thermomètre. | Température. | Excès sur la température de l'air, | Quotient de la somme des deux excès par l'excès intermédiaire. |
|---|---|---|---|
| 1<sup></sup>e....... | 83°,44 | 66°,36 | ..... |
| 2e....... | 63 ,36 | 46 ,28 | 2, 14. |
| 3e....... | 49 ,70 | 32 ,62 | 2, 15. |
| 4e ...... | 41 ,40 | 24 ,32 | 2, 11. |
| 5e....... | 35 ,71 | 18 ,63 | 2, 17. |
| 6e....... | 33 ,26 | 16 ,18. | |

Barre de fer. Température de l'air 13°,02.

| Thermomètre. | Température. | Excès sur la température de l'air. | Quotient de la somme des deux excès par l'excès contraire. |
| --- | --- | --- | --- |
| 1e ....... | 75°,92 | 62°,90 | ..... |
| 2e ....... | 49 ,71 | 36 ,69 | 2, 34. |
| 3e ....... | 33 ,64 | 20 ,52 | 2, 34. |
| 4e ....... | 25 ,34 | 12 ,32 | 2, 33. |
| 5e ....... | 21 ,21 | 8 ,19 | 2, 31. |
| 6e ....... | 19 ,63 | 6 ,61. | |

Barre d'étain. Température de l'air 17°,34.

| Thermomètre. | Température. | Excès. | Quotient. |
| --- | --- | --- | --- |
| 1e ....... | 80°,75 | 63°,41 | ..... |
| 2e ....... | 52 ,51 | 35 ,17 | 2, 42. |
| 3e ....... | 38 ,86 | 21 ,32 | 2, 36. |
| 4e ....... | 32 ,86 | 15 ,52. | |

Barre de plomb. Température 17°,12.

| Thermomètre. | Température. | Excès. | Quotient. |
| --- | --- | --- | --- |
| 1e ....... | 82°,25 | 65 ,13 | ..... |
| 2e ....... | 46 ,54 | 29 ,42 | 2, 72. |
| 3e ....... | 32 ,05 | 14 ,93 | 2, 64. |
| 4e ....... | 27 ,11 | 9 ,99. | |

On démontre par le calcul que la conductibilité est proportionnelle à $\frac{1}{(\log x)^2}$ ; $x$ étant obtenu par l'équation $x+\frac{1}{x}=q$ ; dans laquelle $q$ est le coefficient de la somme de excès par l'excès intermédiaire. (Voyez *la Théorie analytique de la Chaleur* de M. Fourier.)

On voit, par ces expériences, que les bons conducteurs, tels que l'or, l'argent, le platine, le cuivre, le fer, le zinc, fournissent des résultats qui satisfont à la suite exponentielle indiquée par le calcul. On sait que, dans une série de ce genre, le quotient de la somme de deux excès, divisée par l'excès intermédiaire, est un nombre constant.

Il n'y a que les résultats fournis par les bons conducteurs qui satisfassent à une suite exponentielle. Déjà le plomb, qui conduit la chaleur cinq fois moins que le cuivre, ne jouit plus de cette propriété. Le premier quotient est 2,72, et le second 2,64.

Les résultats que donnent le marbre, la terre des briques et en général les matières peu conductrices s'écartent beaucoup d'une série exponentielle. Voici quelques résultats sur le marbre :

Barre de marbre blanc. Température de l'air 17°,15.

| Thermomètre. | Température. | Excès. | Quotient. |
|---|---|---|---|
| 1e ....... | 81°,06 | 63°,91 | |
| 2e....... | 23 ,23 | 6 ,08 | 10,83. |
| 3e....... | 19 ,10 | 1 ,93 | 3,87. |
| 4e....... | 18 ,62 | 1 ,47. | |

Le côté de la section de cette barre était de 26mm,45.

Pour avoir la conductibilité du marbre rapportée au fer, on a pris une barre de ce dernier métal dont le côté était de 26mm. Le premier quotient fourni par cette dernière barre a été 2,42, le second 2,40.

On a tenu compte de la légère différence des dimensions des deux barres, dans l'évaluation de leurs conductibilités respectives.

L'argent avait été purifié à la Monnaie sous les yeux de M. D'Arcet. Le platine avait été préparé par M. Breant. Je devais la barre d'or à la bienveillance de M. Amédée de Puymaurin. M. Brongniart avait eu la bonté de faire fabriquer à Sèvres les barres de porcelaine.

J'ai cherché à mesurer la conductibilité du bois. Cette conductibilité est tellement faible qu'une barre carrée de $21^{mm}$ de côté ne s'échauffait pas d'une manière appréciable à quelques centimètres d'une de ses extrémités chauffées au point de charbonner le bois.

---

## Sur *le Chlorure de Bore.*

Par Mr C. Despretz.

Lorsque je réclamais la découverte du chorure de bore (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xxxiii, p. 442), un de MM. les Rédacteurs des Annales eut la bonté de me dire qu'il serait bon d'avoir un écrit constatant l'époque précise où j'ai parlé du chlorure de bore. Voici l'extrait des registres de la Société phylomatique, signé par le secrétaire.

« M. Despretz a fait, le 5 juillet 1823, plusieurs « communications à la Société phylomatique, entre « autres celle de la combinaison du chlore avec le « bore. »

16 juin 1827.

Le Secrétaire de la Société phylomatique,
Signé De Bonnard.

---

# Observations *sur les Mouvemens périodiques du pont de Souillac.*

Par M. Vicat,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Dans la première Note que j'ai eu l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie des Sciences, sur les mouvemens périodiques observés au pont de Souillac (Voyez *les Annales*), j'ai attribué ces mouvemens au ressort thermométrique de la pierre, en me fondant sur la concordance de l'ouverture des joints indicateurs et de l'abaissement de la température atmosphérique. J'ai essayé ensuite de mesurer l'écartement des joints, et d'en conclure approximativement la dilatation linéaire de la pierre dont le pont est bâti ; mais je n'ai pas tardé à reconnaître l'insuffisance de mes mesures et de mes calculs. J'ai senti, d'ailleurs, qu'un fait aussi intéressant que celui que j'annonçais, devait être appuyé sur des observations incontestables ; en conséquence, j'ai choisi parmi les joints entr'ouverts, celui dont la marche m'a paru devoir être la plus régulière, et le 6 septembre 1824, j'ai fait attacher solidement aux deux pierres contiguës une espèce de comparateur : l'appareil a été enfermé dans un châssis muni d'une petite porte et mis ainsi à l'abri de toute atteinte. Ces observations ont été commencées dès le lendemain 7 septembre, et continuées sans interruption jusqu'au 7 septembre 1825. J'ai été secondé dans ce travail par un jeune homme intelligent, préposé à la perception du péage du pont.

Les indications simultanées du thermomètre et du comparateur, étaient notées le matin un peu avant le lever du soleil, et à trois heures après midi ; et afin que toutes les causes influentes pussent être appréciées, on tenait compte en même temps de la température et de la hauteur des eaux de la Dordogne, de l'état du ciel et du vent régnant.

J'ai joint au journal où toutes les observations sont consignées, un dessin sur lequel sont figurés 1° la projection horizontale du pont avec la position de tous les joints en mouvement ; 2° l'élévation d'une arche avec la position et l'étendue appréciable du joint indicateur qui a servi aux expériences ; 3° le comparateur employé ; 4° la ligne brisée lieu de la moyenne des températures extrêmes de chaque jour, et en regard, sur les mêmes ordonnées, la ligne brisée lieu des moyens mouvemens du comparateur.

Il suffira de jeter un coup d'œil sur ces deux lignes pour en saisir la concordance. Il y a de courtes anomalies dans les mois de janvier et de juillet, mais elles s'expliquent par le voisinage de deux joints qui, dans les températures extrêmes, se fermaient ou s'entre-ouvraient d'une manière pour ainsi dire capricieuse, mais sensible, et influaient ainsi positivement ou négativement sur la marche du comparateur.

On voit par l'ensemble des observations, qu'aux mêmes températures moyennes de divers jours, prises dans divers mois, ne correspondent pas les mêmes indications du comparateur : sa marche est toujours en retard sur celle du thermomètre ; mais elle n'en est pas moins conforme aux mouvemens de celui-ci, dont elle mar-

que après coup tous les écarts et rebroussemens. Indépendamment du grand mouvement annuel, le comparateur indique un mouvement diurne très-sensible qui, dans le cas *maximum*, a produit jusqu'à sept millimètres d'écart, répondant en réalité à $0^{mill.},147$. L'arc parcouru par le comparateur depuis le 7 septembre 1824 jusqu'au 7 septembre 1825, s'est trouvé de 48 millimètres répondant en réalité à $1^{mill.},008$; l'angle *maximum* a donc été de $3^{\circ}\ 26'$.

Il ne doit rester aucun doute maintenant sur la cause des mouvemens dont il s'agit : elle est toute entière dans les oscillations thermométriques de l'arc surbaissé qui porte les parapets. L'impossibilité d'assigner exactement l'étendue verticale du joint indicateur, et la difficulté de mesurer l'ouverture peu sensible des joints contigus aux époques précises de leurs plus grands mouvemens, sont autant de causes qui ne permettent point de conclure exactement des données qui précèdent, la dilatation linéaire qu'il importerait cependant de connaître. Mais en se plaçant dans un cas hypothétique peu différent de la vérité, et en faisant d'ailleurs la part de la seconde arche contiguë à la première, on peut obtenir une limite *minimum* de cette dilatation, et on trouve par les calculs ordinaires de la rectification de l'ellipse, que cette limite est de $0^{mill.},251$ par mètre pour un intervalle de $100^{\circ}$ : c'est deux fois et demie le résultat annoncé dans la Note présentée en 1824.

L'objet principal de ce calcul est de faire voir qu'il n'est pas nécessaire que le volume des pierres varie d'une manière sensible, pour donner lieu à des ruptures visibles et appréciables dans les édifices à grandes voûtes ;

ruptures dont les suites, au surplus ne sont à craindre que sur les ponts aqueducs, à cause des filtrations et des dégradations qui viennent à la suite. On y remédierait en ne donnant aux voûtes de ces ponts qu'une petite ouverture, et en substituant le plein cintre, ou mieux encore la forme ogyve, aux arcs surbaissés aujourd'hui en usage.

Les autres conséquences à déduire sont peut-être moins importantes; elles me paraissent cependant mériter l'attention : s'il est vrai, en effet, que de 100° à zéro centigrade, une pierre d'un mètre de longueur puisse se raccourcir d'un quart de millimètre, il en résulterait que pour un intervalle de 40°, course moyenne du thermomètre dans nos climats, cette variation s'élèverait à $\frac{1}{10}$ de millimètre; et comme dans nos maçonneries de grand appareil, il n'est pas rare de rencontrer des carreaux de deux mètres de longueur, on voit sur-le-champ jusqu'où cela peut mener. Or, le mortier des joints verticaux ne pouvant se prêter à ces mouvemens, se fend ou se sépare entièrement d'une pierre pour rester adhérent à la pierre voisine; le mortier des joints horizontaux, tiraillé en sens contraire par la contraction individuelle des blocs superposés et subperposés, cesse également d'adhérer à leurs surfaces. Ces déchiremens sont, il est vrai, invisibles à l'œil-nu, mais il n'en sont pas moins réels, et constituent autant de solutions de continuité. Aussi remarque-t-on que de toutes les maçonneries, la plus facile à démolir c'est la maçonnerie de pierre de taille; que dans certains coups de mer, d'énormes pierres sont comme aspirées par la lame et arrachées du parement auquel elles appartiennent sans

que les pierres voisines en paraissent ébranlées, etc., etc. Ces effets et beaucoup d'autres sont une conséquence des mouvemens thermométriques, mouvemens qui annulent l'adhérence du mortier et réduisent ses fonctions à celles d'une simple cale.

Vitruve, en parlant de la construction des temples (liv. IV, chap. IV de son Traité), dit expressément que si on veut les bâtir en moellon, il faut rechercher le plus petit; que si on doit employer la pierre de taille ou le marbre, il faut que les quartiers soient médiocres et égaux, parce que des pierres d'une grandeur médiocre avec des joints médiocres se lient d'une manière plus forte et par conséquent plus durable.

Ce passage très-curieux vient, comme on le voit, à l'appui de mon observation d'une manière toute spéciale. A ce précepte de Vitruve, se joignent une foule d'exemples qui prouvent que les Romains regardaient le mortier comme au moins inutile dans les maçonneries à grands blocs : les arènes de Nismes, l'acqueduc du Gard, le monument pyramidal de Vienne en Dauphiné, etc., se composent de quartiers parfaitement taillés et juxta posés sans autre médium qu'une laitance de chaux réduite à l'épaisseur d'une feuille de papier mince.

Je me propose de mesurer directement la dilatation linéaire des différentes pierres employées dans les constructions, depuis le basalte et le granite, jusqu'à la craie compacte, ainsi que celle des mortiers et autres cimens calcaires les plus en usage. L'objet de ce travail sera d'examiner si dans les maçonneries à petits matériaux, la subdivision du retrait ne pourrait pas, en réduisant l'ef-

fet thermométrique à une simple tension ; maintenir la continuité et la solidité de la masse.

La connaissance exacte de la dilatation des pierres servira d'ailleurs à expliquer des effets de gelée, dont la force expansive de la glace n'a pu rendre compte jusqu'à ce jour.

---

## MOUVEMENT *apparent d'un petit Corps très-voisin d'un plus grand (ou plus brillant), sur lequel l'œil demeure fixé.*

(Note extraite des Manuscrits de feu BÉNÉDICT PREVOST, par Mr P. PREVOST, professeur à Genève.)

§ I. L'étoile ζ de la grande ourse est accompagnée d'une étoile beaucoup plus petite ou beaucoup moins apparente, marquée *g* dans le catalogue de FLAMSTEED. En regardant fixement ces deux étoiles, il y a environ douze ans (1), il me sembla voir la petite s'agiter et aller, pour ainsi dire, irrégulièrement près de la grande ; s'en approcher un peu, s'en éloigner, s'écarter à droite et à gauche, etc. On comprend bien que je ne crus pas un instant à la réalité de ces oscillations ; mais, en faisant faire la même expérience à plusieurs autres personnes, je m'assurai que je ne suis pas seul susceptible

---

(1) Nous croyons cet écrit de l'année 1812 ou à peu près. Ainsi ce serait à l'année 1800 que se rapporterait la première observation dont il est ici rendu compte.

(P. P. p.)

de cette illusion. Je l'ai depuis répétée fréquemment, tant sur ces deux étoiles que sur d'autres petites étoiles, voisines entr'elles ou voisines de plus grandes.

§ II. Je m'en servis alors pour expliquer l'irradiation ou amplification du diamètre des astres, que l'on a coutume de regarder comme un phénomène physique, et qui pourrait bien appartenir plutôt à la théorie de la sensation (1).

§ III. Désirant rapporter le phénomène qui m'avait frappé (le mouvement apparent de la petite étoile autour de la grande) à quelque autre qui pût s'observer lorsque je me trouverais disposé à réfléchir sur sa cause, j'eus l'occasion de me satisfaire par une circonstance fortuite. Il me sembla un matin voir, de mon lit, un insecte qui se mouvait sur une vitre en diverses directions et assez lentement. Je trouvai ensuite, lorsque je fus levé, que le prétendu insecte était une tache noirâtre, immobile sur le carreau.

§ IV. Je fis alors sur un mur blanc une tache noire de 3 ou 4 lignes de diamètre; puis, à une ligne environ de distance, une tache beaucoup plus petite. Je m'éloignai ensuite de 15 à 18 pieds, et je me plaçai de manière à pouvoir les considérer dans une situation bien fixe. De là, je vis la petite tache s'agiter auprès de la grande, précisément comme la petite étoile *g* près de ζ. Cette expérience prouve que ce mouvement n'est pas dû

---

(1) Ici l'auteur distingue l'irradiation de la scintillation, et renvoie à son Cours de physique, où il entrait dans plus de détail sur ces deux phénomènes. (P. P. p.)

à la cause à laquelle on a coutume de rapporter le phénomène de la scintillation (1).

§ V. Il me vint d'abord dans l'esprit, qu'il pouvait être occasioné par un mouvement très-léger, involontaire et inaperçu du globe de l'œil (2); par une espèce de convulsion dans les muscles auxquels il est attaché. Mais tout le globe se mouvant alors à la fois et très-peu, la situation respective des deux taches ne saurait changer par cette cause.

§ VI. Peut-être ce phénomène est-il de ceux qui, tenant immédiatement à notre manière de sentir, ne sont susceptibles d'aucune explication. Le fait est ainsi; il ne s'agit que de le bien observer, de le décrire clairement, et de s'en servir ensuite pour en expliquer d'autres, avec lesquels il peut avoir des rapports. Cependant il est possible qu'il provienne d'un mouvement de la pulpe nerveuse de la rétine elle-même. On a vu, en effet, la pulpe nerveuse ou cérébrale d'un animal vivant, se mouvoir d'une manière analogue à celle dont je viens de supposer que se mouvait la pulpe de la rétine. Il est vraisemblable que la pulpe de tout le système nerveux d'un animal vivant, se meut ainsi continuellement d'une manière plus ou moins régulière,

---

(1) Il fait sans doute allusion à l'explication de ce phénomène, qui est tirée des interceptions, rapides et successives, de la lumière stellaire par les vapeurs ou autres corpuscules flottans dans l'air. L'explication que M. Arago a déduite des interférences, n'a été publiée qu'en 1824 (*Ann. de Chim. et de Phys.*, août, p. 435), six ans après la mort de Bénéd. Prevost. (P. P. p.)

(2) L'illusion a lieu pour un seul œil, comme pour les deux. (*Note de l'Auteur.*)

mais sans que chaque point change de place d'une manière sensible (1).

§ VII. Quoi qu'il en soit, il paraît, par cette expérience, que l'action continue de la lumière sur un seul point (physique) de la rétine donne lieu, dans certaines circonstances, à une sensation semblable à celle qui résulterait de cette même lumière agissant successivement sur plusieurs points très-voisins.

---

## Phénomènes *singuliers que la vapeur présente dans les générateurs des machines de M.* Perkins (2).

Lors de mes premières expériences sur la vapeur fortement comprimée, avant que je ne découvrisse le fait que le métal échauffé à 650° Fahren. repousse l'eau

---

(1) On ne repoussera pas peut-être la supposition d'un tremblement de la pulpe nerveuse de la rétine. Mais en l'admettant, on objectera que ce tremblement devrait affecter aussi-bien l'image de l'objet le plus grand (ou le plus brillant) que celle du plus petit (ou du moins lumineux). Pourrait-on faire l'une des deux réponses suivantes, ou peut-être toutes les deux à la fois? 1° Le point que l'œil tient fixé devient par là même moins mobile; le centre de la rétine, occupé d'une impression vive, se trouve exempt ou presque exempt du tremblement habituel de la pulpe nerveuse. 2° Lors même que ce point tremblerait, on pourrait ne pas s'en apercevoir, parce que l'œil suit involontairement son point de mire, tandis que le point voisin, affecté d'un tremblement tout différent, paraît seul se mouvoir.

(P. P. p.)

(2) Nous avons tiré textuellement cette note d'un Mémoire que M. Perkins a lu à l'Académie des Sciences il y a quel-

et même la vapeur, les tubes dont je me servais étaient trop faibles et les soupapes de pressions ne se trouvaient pas chargées de poids suffisans, en sorte que l'eau était repoussée; la couche de vapeur interposée entre la surface métallique et l'eau, étant un mauvais conducteur du calorique, le métal ne tardait pas à devenir rouge, et dans ce moment la vapeur elle-même se trouvait repoussée, en sorte qu'il y avait une couche de calorique entre la vapeur et la surface du métal chaud. J'ai observé ce fait, pour la première fois, lors de la rupture d'un genérateur très-fort, de 3 pouces d'épaisseur et de 8 pouces de diamètre intérieur, mais qui, étant fait avec un alliage de cuivre et d'étain, appelé ordinairement *métal de canon*, céda beaucoup plutôt que ne le ferait la fonte dont je fais aujourd'hui tous ces appareils. Au moment de cette rupture, il y avait un feu vif sous le générateur; je remarquai un bruit sourd assez faible, qui fut également entendu par les ouvriers qui se trouvaient près du fourneau. On pensa d'abord que le générateur avait crevé; mais comme on n'aperçut ni vapeur ni eau, et que la machine continua à marcher comme à l'ordinaire sous une pression de 20 atmosphères, on crut que la rupture, s'il y en avait une, n'était que partielle : on laissa donc tomber le feu, et aussitôt que la température eût assez baissé, il

ques mois. Les personnes qui n'ont pas vu les machines de cet habile ingénieur, ne saisiraient peut-être pas facilement tout ce qu'il y a de remarquable dans ses expériences, si nous ne disions pas qu'un générateur se compose d'un ou de plusieurs cylindres de métal, à peu près pleins d'eau, dans lesquels, tant qu'ils sont fermés, le liquide peut acquérir de très-hautes températures.

se produisit un petit sifflement qui finit par devenir assez fort pour inquiéter les voisins dans Fleet-Street ; et alors toute l'eau et la vapeur se répandirent dans le feu. En examinant le générateur, on reconnut que son fond s'était fendu dans presque toute sa largeur, et que cette ouverture était assez grande pour donner passage à l'eau à mesure que la pompe l'introduisait dans le générateur froid. En réfléchissant sur ce qui pouvait être la cause de ce phénomène, je fus nécessairement conduit à reconnaître qu'il avait lieu par la propriété répulsive de la chaleur. Afin de m'assurer que les choses se passaient ainsi, je fis chauffer au rouge le fond du générateur vide; lorsqu'ensuite on y introduisit l'eau, il se forma aussitôt de la vapeur, et la machine travailla comme de coutume, sans qu'on s'aperçut d'aucun dégagement de vapeur par la fente. La machine travailla ainsi toute la journée, et le soir, lorsqu'on laissa le feu s'éteindre, la même action se reproduisit. Plusieurs savans de mes amis, devant lesquels je répétai cette expérience, pensèrent que la fente se trouvait bouchée par la dilatation qu'éprouvait le métal lorsqu'on le chauffait : car ils regardaient comme inadmissible l'explication que j'en donnais. Tous les doutes à cet égard furent cependant levés par l'expérience suivante : à l'une des extrémités d'un des tubes dont se compose le générateur, on pratiqua une ouverture d'un huitième de pouce de diamètre, à laquelle on ajusta à vis un fort tuyau de fer de trois pieds de long, d'un pouce de diamétre extérieur, et d'un demi-pouce de diamètre intérieur ; à un bout de ce tuyau était un petit robinet, et à l'autre bout du tube générateur fut fixé une soupape

de sûreté chargée à 50 atmosphères ou 317 kilogrammes par pouce carré ; au même bout était également un tuyau qui amenait l'eau de la pompe foulante. Après avoir porté au rouge l'extrémité du tube générateur , dans laquelle on avait fait l'ouverture , on y introduisit l'eau : la vapeur formée s'échappa par la soupape de sûreté chargée comme on vient de le dire, tandis qu'en ouvrant le robinet il n'en sortit rien. On ralentit alors le feu , et lorsque la température fut suffisamment abaissée , le mugissement de la vapeur devint épouvantable. On répétera incessamment cette expérience publiquement.

Quoiqu'au premier coup d'œil ce nouveau fait paraisse incompréhensible, cependant, en y réfléchissant, il s'explique assez naturellement. C'est une chose bien connue que si l'on jette une goutte d'eau sur une surface métallique rouge, on la voit sauter au-dessus du métal avec lequel il est évident qu'elle n'est point en contact, et qu'elle s'évapore assez lentement ; tandis que si la température du métal eût été un peu au-dessous de 100°, la pression atmosphérique maintenant l'eau en contact avec le métal , la vaporisation serait presque instantanée. Quelle est donc la pression qui pourrait maintenir de l'eau en contact avec le métal chauffé à 650° Fah.? Cette pression ne devrait nullement être inférieure au *maximum* de force élastique que peut acquérir la vapeur qui surpasse 4000 atmosphères. Si donc il faut une aussi énorme pression pour que le contact ait lieu , 50 atmosphères ne seraient assurément qu'une faible portion de la force voulue , et comme dans l'expérience ci-dessus l'eau ne pouvait passer par

la petite ouverture sans se trouver presqu'en contact avec le métal échauffé, le pouvoir répulsif de celui-ci suffisait pour retenir la vapeur et l'eau également éloignées; car la vapeur est-elle en effet autre chose que l'eau à l'état d'expansion? Il s'agit actuellement de savoir à quelle distance s'étend ce pouvoir répulsif; ce sera le sujet de nouvelles recherches : on pourra augmenter graduellement l'ouverture jusqu'à ce que l'eau et la vapeur puissent, à cette température élevée, passer par son centre. Tout ce que je sais jusqu'à présent, c'est que cette force répulsive s'exerce au-delà d'un seizième de pouce, puisque la vapeur ne peut traverser une ouverture d'un huitième de pouce de diamètre.

---

## Sur *la Dispersion de la Lumière.*

Par Mr F. Rudberg,

Professeur à Stockholm.

Pour expliquer la dispersion de la lumière dans le système des ondulations, il faut supposer que, lorsqu'elle passe de l'air dans un milieu plus réfringent, les longueurs des ondulations sont d'autant plus raccourcies, qu'elles étaient plus courtes. J'ai trouvé, en partant de ce principe, que la relation suivante paraît avoir lieu entre la longueur d'ondulation d'une certaine couleur dans l'air et celle qui lui correspond dans une autre matière quelconque :

$$L = a . l^m ;$$

$l$ étant la longueur d'ondulation dans l'air, $L$ celle dans l'autre matière, et enfin $a$, $m$ deux nombres qui ne varient qu'avec la nature de la matière.

Quant aux longueurs des ondulations dans l'air, je les ai prises telles quelles ont été déterminées par

M. Fraunhofer (*Annalen der Physik*, par M. Gilbert, 1823, p. 337); savoir :

| | | |
|---|---|---|
| Dans le rouge, | $C = 0,00002422$ | d'un pouce. |
| orangé, | $D = 0,00002175$ | |
| vert, | $E = 0,00001945$ | |
| bleu, | $F = 0,00001794$ | |
| indigo, | $G = 0,00001587$ | |
| violet, | $H = 0,00001464$. | |

Les longueurs des ondulations dans les autres matières étant toujours en raison inverse des index de réfraction, je les ai insérées dans la première colonne des tables suivantes, d'après les index de réfraction qui ont été publiés par M. Fraunhofer dans son Mémoire sur la détermination du pouvoir réfringent et dispersif.

Voici la comparaison de l'observation avec le calcul :

Flintglas. N:o 13.

$$L = 1,044 . l^{1,05}.$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C.* | 0,00001486 | .......... |
| *D.* | 0,00001330 | 0,00001328 |
| *E.* | 0,00001184 | 0,00001181 |
| *F.* | 0,00001088 | 0,00001084 |
| *G.* | 0,00000955 | 0,00000953 |
| *H.* | 0,00000876 | .......... |

Crownglass. N:o 9.

$$L = 0,87045 . l^{1,0267}.$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C.* | 0,00001587 | .......... |
| *D.* | 0,00001422 | 0,00001420 |
| *E.* | 0,00001268 | 0,00001267 |
| *F.* | 0,00001168 | 0,00001166 |
| *G.* | 0,00001029 | 0,00001028 |
| *H.* | 0,00000946 | .......... |

Flintglas. N:o 23.

$$L = 1{,}040 .\ l^{1{,}0496.}$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C.* | 0,00001487 | .......... |
| *D.* | 0,00001331 | 0,00001328 |
| *E.* | 0,00001185 | 0,00001181 |
| *F.* | 0,00001089 | 0,00001085 |
| *G.* | 0,00000956 | 0,00000954 |
| *H.* | 0,00000876 | .......... |

Huile de térébenthine.

$$L = 0{,}93479 .\ l^{1{,}0299.}$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C.* | 0,00001646 | .......... |
| *D.* | 0,00001476 | 0,00001475 |
| *E.* | 0,00001315 | 0,00001313 |
| *F.* | 0,00001210 | 0,00001208 |
| *G.* | 0,00001066 | 0,00001065 |
| *H.* | 0,00000980 | .......... |

Flintglas. N:o 3.

$$L = 1{,}00218 .\ l^{1{,}0446.}$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C.* | 0,00001510 | .......... |
| *D.* | 0,00001352 | 0,00001350 |
| *E.* | 0,00001204 | 0,00001201 |
| *F.* | 0,00001107 | 0,00001104 |
| *G.* | 0,00000973 | 0,00000971 |
| *H.* | 0,00000892 | .......... |

Crownglass. N:o 13.

$$L = 0{,}85515 .\ l^{1{,}025.}$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C.* | 0,00001587 | .......... |
| *D.* | 0,00001423 | 0,00001422 |
| *E.* | 0,00001270 | 0,00001268 |
| *F.* | 0,00001169 | 0,p0001167 |
| *G.* | 0,00001030 | 0,00001029 |
| *H.* | 0,00000947 | .......... |

Flintglas. N:o 30.

$$L = 1{,}0356 . l^{1{,}049.}$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C*. | 0,00001490 | .......... |
| *D*. | 0,00001334 | 0,00001331 |
| *E*. | 0,00001187 | 0,00001184 |
| *F*. | 0,00001091 | 0,00001088 |
| *G*. | 0,00000958 | 0,00000956 |
| *H*. | 0,00000878 | .......... |

Eau.

$$L = 0{,}91343 . l^{1{,}1084.}$$

| | Longueurs observées. | Longueurs calculées. |
|---|---|---|
| *C*. | 0,00001818 | .......... |
| *D*. | 0,00001631 | 0,00001630 |
| *E*. | 0,00001456 | 0,00001454 |
| *F*. | 0,00001341 | 0,00001340 |
| *G*. | 0,00001183 | 0,00001182 |
| *H*. | 0,00001089 | .......... |

Quoique les différences entre les longueurs calculées et les longueurs déduites soient assez petites, elles ne sont pas cependant sans influence, lorsqu'on veut passer des longueurs d'ondulation aux index de réfraction. Mais les longueurs d'ondulation dans l'air n'étant pas elles-mêmes bien sûres à un millième, et les index de réfraction étant d'une exactitude au moins dix fois plus grande, j'ai pris la relation telle qu'elle dérive de la loi supposée entre les longueurs, et je l'ai comparée avec l'observation. En appelant $N$ l'index de réfraction, on a :

$$N = \frac{1}{a l^{m-1}},$$

d'où, si $N'$, $l'$ appartiennent à un autre rayon :

$$\frac{N}{N'} = \left(\frac{l'}{l}\right)^{m-1}.$$

Dans une autre matière, si $n, n'$ sont les index correspondans aux mêmes longueurs $l, l'$, on aura :

$$n = \frac{1}{bl^{p-1}}, \text{ et partant : } \frac{n}{n'} = \left(\frac{l}{l'}\right)^{p-1};$$

d'où par conséquent, si $r = \frac{m-1}{p-1}$ :

$$\frac{N}{N'} = \left(\frac{n}{n'}\right)^{r},$$

dans laquelle équation $r$ doit être constant. En prenant pour les $N$ les index du Flintglas N° 13 et pour les $n$ les index de l'eau, on trouve :

D'après les rayons $B$ et $C$ : $r = 2,0430$.
$B$ et $D$ : $r = 2,2928$.
$B$ et $E$ : $r = 2,3802$.
$B$ et $F$ : $r = 2,4203$.
$B$ et $G$ : $r = 2,5476$.
$B$ et $H$ : $r = 2,6402$.

Ces valeurs n'étant pas précisément les mêmes, la différence qui existe entre elles, n'est pas cependant dans le cas présent, d'une grande influence, une petite variation dans les index produisant une variation considérable dans $r$ ; si, par exemple, au lieu de l'index du rayon $C$ dans le Flintglas, qui d'après l'observation $= 1,6297$, on prend $1,6298$, on trouve $r = 2,1452$ au lieu de $2,0430$ ; aussi en prenant le milieu $= 2,89$ de toutes ces valeurs, et calculant les index du Flintglas d'après ceux de l'eau, selon la formule :

$$N = N' \left(\frac{n}{n'}\right)^{2,39},$$

on a la seconde colonne de ce tableau :

| | L'Observat. | Le Calcul. |
|---|---|---|
| *B.* | 1,6277 | ...... |
| *C.* | 1,6297 | 1,6300 |
| *D.* | 1,6350 | 1,6354 |
| *E.* | 1,6420 | 1,6420 |
| *F.* | 1,6482 | 1,6479 |
| *G.* | 1,6602 | 1,6582 |
| *H.* | 1,6710 | 1,6669 |

Un calcul analogue pour le même Flintglas et le

Crownglas, N° 13, donne les valeurs suivantes de $r$:

D'après les rayons $B$ et $C$ : $r = 1{,}8718$.
$B$ et $D$ : $r = 1{,}8970$.
$B$ et $E$ : $r = 1{,}9090$.
$B$ et $F$ : $r = 1{,}9140$.
$B$ et $G$ : $r = 1{,}9475$.
$B$ et $H$ : $r = 1{,}9748$.

Valeur moyenne $r = 1{,}919$.

Et calculant d'après la formule :

$$N = N' \left( \frac{n}{n'} \right)^{1{,}919},$$

on a pour les index du Flintglas les valeurs suivantes :

$C = 1{,}6298$.
$D = 1{,}6351$.
$E = 1{,}6421$.
$F = 1{,}6483$.
$G = 1{,}6598$.
$H = 1{,}6698$.

De même, en comparant enfin le Flintglas, N° 13, avec le Crownglas Litt. $M$, on trouve les valeurs ci-jointes de $r$:

D'après les rayons $B$ et $C$ : $r = 1{,}5118$.
$B$ et $D$ : $r = 1{,}5833$.
$B$ et $E$ : $r = 1{,}6233$.
$B$ et $F$ : $r = 1{,}6277$.
$B$ et $G$ : $r = 1{,}6498$.
$B$ et $H$ : $r = 1{,}6590$.

Valeur moyenne $r = 1{,}609$.

et calculant les index du Flintglas d'après la formule :

$$N = N' \left( \frac{n}{n'} \right)^{1{,}61},$$

on obtient :

$C = 1{,}6297$.
$D = 1{,}6351$.
$E = 1{,}6419$.
$F = 1{,}6480$.
$G = 1{,}6595$.
$H = 1{,}6697$.

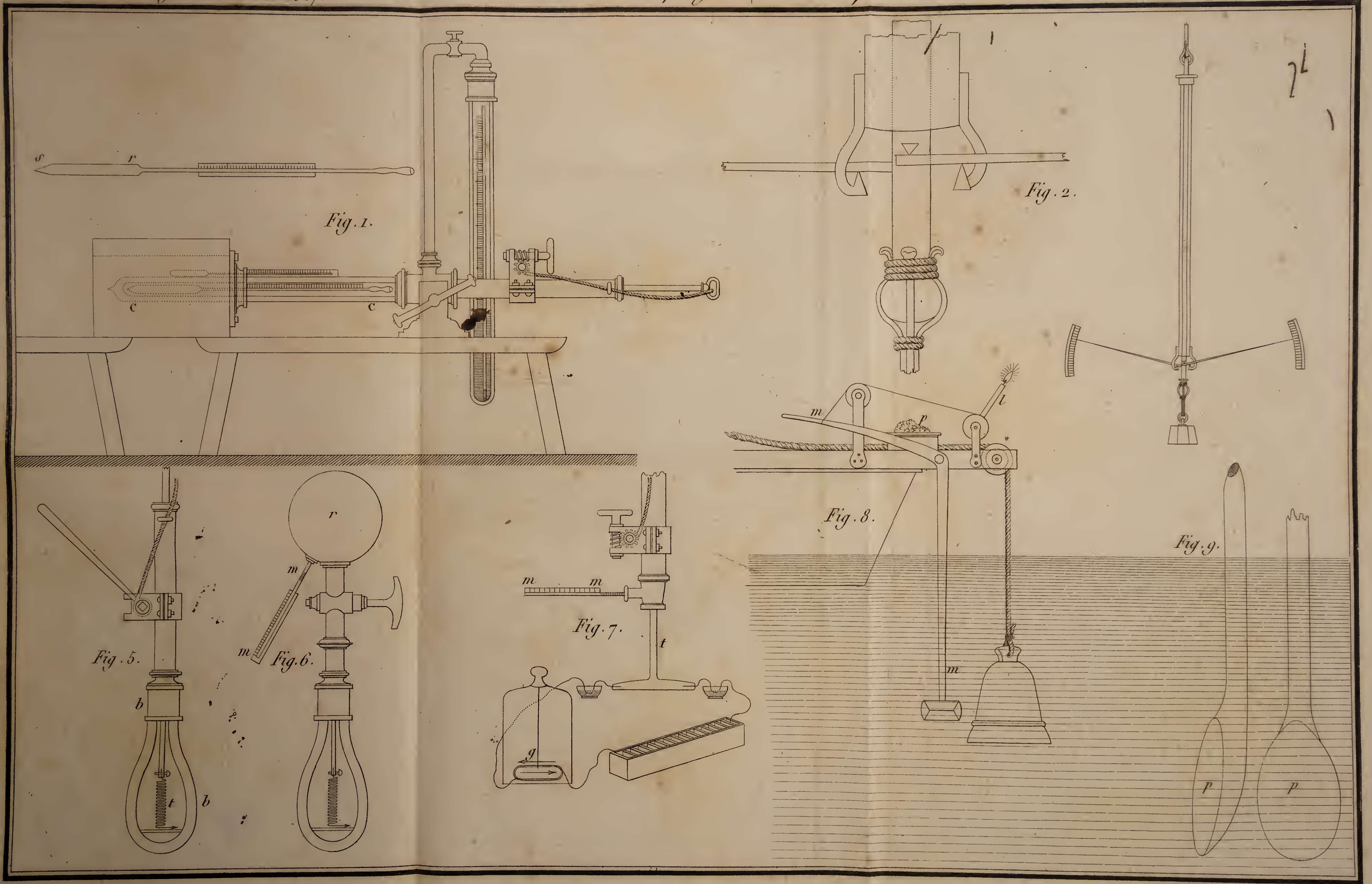
| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL | VENTS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | à midi. | à midi. |
| 1 | 742,82 | +11,5 | 85 | 741,74 | +13,5 | 80 | 740,37 | +12,5 | 80 | 739,58 | + 8,7 | 87 | +13,5 | + 8,7 | Nuageux. | O. S. O. |
| 2 | 738,73 | + 8,3 | 88 | 739,06 | + 9,3 | 87 | 739,30 | + 8,8 | 87 | 741,40 | + 8,0 | 90 | + 9,3 | + 7,0 | Couvert. | O. |
| 3 | 746,78 | + 6,7 | 90 | 748,40 | + 8,2 | 89 | 750,87 | + 8,2 | 89 | 754,20 | + 6,7 | 90 | + 8,2 | + 6,5 | Couvert, brouillard. | O. S. O. |
| 4 | 757,82 | + 7,8 | 89 | 757,90 | + 8,8 | 89 | 758,00 | + 8,9 | 90 | 759,58 | +10,5 | 90 | +10,5 | + 6,4 | Pluie fine. | N. O. |
| 5 | 762,00 | +11,0 | 89 | 762,28 | +12,4 | 89 | 761,40 | +11,7 | 89 | 759,82 | +10,3 | 90 | +12,4 | +10,2 | Couvert. | O. |
| 6 | 755,22 | +10,3 | 89 | 755,98 | + 8,0 | 89 | 756,64 | + 8,3 | 88 | 760,37 | + 5,3 | 89 | +10,5 | + 5,3 | Pluie fine. | N. O. |
| 7 | 766,00 | + 2,0 | 89 | 766,55 | + 4,7 | 87 | 766,44 | + 5,0 | 87 | 761,96 | + 1,2 | 90 | + 5,0 | + 1,2 | Beau. | N. O. |
| 8 | 759,68 | + 4,5 | 89 | 758,60 | + 5,3 | 90 | 757,73 | + 7,0 | 90 | 757,72 | + 6,5 | 90 | + 7,0 | + 4,0 | Petite pluie. | S. O. |
| 9 | 758,02 | + 6,2 | 90 | 757,20 | + 8,5 | 89 | 755,86 | + 8,7 | 90 | 754,46 | +10,5 | 90 | +10,5 | + 6,0 | Trés couvert. | S. |
| 10 | 754,09 | +10,5 | 90 | 753,47 | +12,0 | 89 | 751,34 | +11,5 | 89 | 748,70 | + 9,1 | 90 | +12,2 | + 8,7 | Quelq pet. éclairc | O. S. O. |
| 11 | 751,27 | + 8,0 | 88 | 751,65 | +10,5 | 87 | 750,06 | +10,0 | 84 | 748,02 | + 6,0 | 90 | +10,5 | + 6,0 | Beau. | S O. |
| 12 | 744,70 | + 6,5 | 94 | 743,87 | + 8,8 | 91 | 742,35 | + 9,0 | 85 | 740,24 | + 7,8 | 90 | + 9,0 | + 6,1 | Très-couvert. | S. E. |
| 13 | 746,15 | + 7,5 | 90 | 748,06 | + 8,5 | 87 | 749,43 | + 8,0 | 80 | 752,92 | + 3,4 | 89 | + 8,5 | + 3,0 | Couvert. | O. |
| 14 | 752,85 | + 2,5 | 89 | 751,56 | + 5,1 | 87 | 750,54 | + 6,0 | 85 | 749,92 | + 5,3 | 90 | + 6,0 | + 0,8 | Couvert. | S. |
| 15 | 756,40 | + 8,0 | 90 | 756,23 | + 9,2 | 90 | 755,26 | +10,0 | 90 | 754,40 | +11,5 | 90 | +11,5 | + 7,2 | Très-couvert. | S. S. O. fort. |
| 16 | 755,27 | + 9,8 | 90 | 757,58 | +10,8 | 79 | 758,64 | +10,5 | 75 | 761,18 | + 5,9 | 90 | +10,8 | + 5,3 | Beau. | O. S. O. fort. |
| 17 | 765,97 | + 4,1 | 89 | 766,52 | + 7,5 | 87 | 766,34 | + 7,5 | 86 | 765,75 | + 4,8 | 90 | + 7,5 | + 3,5 | Beau. | O. |
| 18 | 761,85 | + 6,4 | 89 | 761,08 | + 8,3 | 89 | 759,48 | + 8,1 | 90 | 758,60 | + 7,5 | 90 | + 8,3 | + 6,0 | Très-couvert. | S. |
| 19 | 756,63 | + 7,6 | 89 | 756,50 | + 9,7 | 88 | 755,54 | + 9,7 | 87 | 754,48 | + 8,1 | 80 | + 9,7 | + 7,2 | Très-couvert. | S. |
| 20 | 753,28 | + 6,5 | 88 | 753,36 | +10,7 | 85 | 752,90 | + 9,7 | 87 | 752,27 | + 6,6 | 90 | +10,8 | + 5,8 | Très-petites éclairc. | S. O. |
| 21 | 754,67 | + 6,9 | 89 | 755,20 | + 8,6 | 84 | 754,23 | + 8,0 | 87 | 745,80 | + 6,7 | 90 | + 8,6 | + 6,5 | Très-nuageux. | S. O. |
| 22 | 747,34 | +12,3 | 90 | 748,80 | +13,5 | 78 | 749,58 | +11,5 | 78 | 748,42 | +13,0 | 90 | +13,5 | +11,5 | Eclaircies. | O. N. O. fort. |
| 23 | 750,30 | + 9,2 | 85 | 756,10 | + 9,7 | 80 | 759,05 | +10,0 | 80 | 763,17 | + 6,5 | 83 | +10,0 | + 6,5 | Très-couvert. | N. O. très-fort. |
| 24 | 760,64 | + 7,8 | 90 | 759,14 | +11,0 | 90 | 757,90 | +12,0 | 90 | 759,00 | +10,2 | 90 | +12,0 | + 7,4 | Couvert. | S. O. |
| 25 | 768,86 | + 5,2 | 90 | 769,90 | + 8,7 | 85 | 770,46 | + 9,2 | 84 | 771,56 | + 5,0 | 90 | + 9,2 | + 5,0 | Vaporeux. | O. |
| 26 | 772,44 | + 1,0 | 90 | 772,56 | + 4,6 | 90 | 772,07 | + 5,2 | 90 | 771,86 | + 2,3 | 90 | + 5,3 | + 0,9 | Brouillard. | S. E. |
| 27 | 769,05 | + 1,2 | 90 | 770,50 | + 3,1 | 90 | 769,76 | + 3,0 | 90 | 770,52 | + 1,9 | 90 | + 3,1 | + 0,7 | Brouill. trés-épais. | S. S. E. |
| 28 | 773,02 | + 4,5 | 90 | 773,48 | + 6,3 | 89 | 772,42 | + 7,0 | 87 | 772,08 | + 3,8 | 98 | + 7,0 | + 2,1 | Couvert. | E. N. E. |
| 29 | 770,70 | — 1,2 | 90 | 770,25 | — 0,1 | 90 | 769,20 | + 1,2 | 90 | 768,06 | + 1,4 | 90 | + 1,4 | — 1,2 | Brouill. très-épais. | N. |
| 30 | 766,90 | + 2,8 | 90 | 766,00 | + 5,5 | 85 | 765,00 | + 6,5 | 74 | 763,79 | + 2,4 | 87 | + 6,5 | + 2,2 | Beau. | E. |
| 31 | 760,52 | — 0,1 | 89 | 758,90 | + 2,7 | 86 | 758,04 | + 2,0 | 83 | 756,17 | + 3,5 | 90 | + 3,5 | — 1,2 | Legers nuages. | S. E. |
| 1 | 754,12 | + 7,9 | 89 | 754,12 | + 9,1 | 88 | 753,80 | + 9,1 | 88 | 754,08 | + 7,7 | 90 | + 9,9 | + 6,4 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 754,44 | + 6,7 | 90 | 754,64 | + 8,9 | 87 | 754,05 | + 8,9 | 85 | 753,78 | + 6,7 | 89 | + 9,3 | + 5,1 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 7,130 |
| 3 | 763,13 | + 4,5 | 89 | 763,71 | + 6,7 | 86 | 763,43 | + 6,9 | 85 | 762,76 | + 5,2 | 89 | + 7,3 | + 3,7 | Moyenn. du 21 au 31 | Terrasse, 5,910 |
| | 757,42 | + 6,3 | 89 | 757,69 | + 8,1 | 87 | 757,30 | + 8,2 | 86 | 757,06 | + 6,5 | 89 | + 8,8 | + 5,0 | Moyennes du mois, | + 6,9. |

# TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU TRENTE-SIXIÈME VOLUME.

Mémoire sur la compression des liquides.




Gravé par Adam.



